



SKRIPSI ME 141501

**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PERANCANGAN DECK
MOUNTED THRUSTER PADA KAPAL RO-RO BARGE PAYLOAD
80 TON**

MUHAMMAD HILMAN RAHMANDITA
NRP. 04211340000015

Dosen Pembimbing 1
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

Dosen Pembimbing 2
Edi Jadmiko, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



SKRIPSI ME 141501

**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PERANCANGAN DECK
MOUNTED THRUSTER PADA KAPAL RO-RO BARGE PAYLOAD
80 TON**

MUHAMMAD HILMAN RAHMANDITA
NRP. 04211340000015

Dosen Pembimbing 1
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

Dosen Pembimbing 2
Edi Jadmiko, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



FINAL PROJECT ME 141501

**TECHNICAL AND ECONOMICAL STUDY IN DESIGNING DECK
MOUNTED THRUSTER ON RO-RO BARGE SHIP PAYLOAD 80
TON**

MUHAMMAD HILMAN RAHMANDITA
NRP. 04211340000015

Supervisor 1
Ir. Amiadji, M.M., M.Sc

Supervisor 2
Edi Jadmiko, S.T., M.T

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PERANCANGAN DECK MOUNTED THRUSTER PADA KAPAL RO-RO BARGE PAYLOAD 80 TON

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

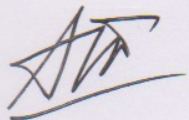
Oleh:

MUHAMMAD HILMAN RAHMANDITA

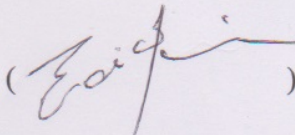
NRP. 04211340000015

Disetujui oleh Dosen Pembimbing 1 & 2 Skripsi:

Ir. Amiadji, M.M., M.Sc
NIP. 1961 0324 1988 03 1001

()

Edi Jadmiko, S.T., M.T
NIP. 1978 0706 2008 01 1002

()

**SURABAYA,
JANUARI 2018**

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PERANCANGAN DECK MOUNTED THRUSTER PADA KAPAL RO-RO BARGE PAYLOAD 80 TON

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

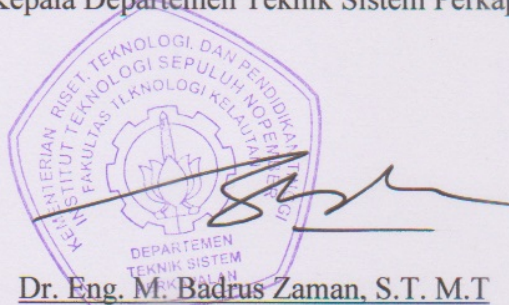
Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD HILMAN RAHMANDITA

NRP. 04211340000015

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T. M.T

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

**SURABAYA,
JANUARI 2018**

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS PERANCANGAN DECK MOUNTED THRUSTER PADA KAPAL RO-RO BARGE PAYLOAD 80 TON

Nama Mahasiswa : Muhammad Hilman Rahmandita
NRP : 04211340000015
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Amiadji, M.M., M.Sc
2. Edi Jadmiko, S.T., M.T

Abstrak

Deck Mounted Thruster (DMT) merupakan sistem penggerak kapal dimana peletakan *main engine* terletak dibagian *deck* utama. *Mount thruster* sistem ini dapat bergerak 180°, sedangkan *thruster* dapat berputar 360°. Di Indonesia DMT masih sangat jarang digunakan, padahal jika melihat karakteristik perairan sungai-nya yang sangat cepat terjadi sedimentasi, DMT sangat tepat jika digunakan untuk penggerak kapal penyebrangan sungai, karena *shaft* dari sistem ini dapat menyesuaikan dengan kondisi perairan. Maka dari itu pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan analisa teknis berupa perhitungan tahanan, kebutuhan daya *main engine*, dan desain peletakan *engine*, sedangkan dari segi ekonomis mendapatkan biaya investasi (BI), biaya operasional dan nilai *present value* perancangan sistem DMT. Sebagai perbandingan dalam penelitian maka digunakan *main engine* berjumlah 1, 2, dan 4 buah. Pada penelitian ini didapatkan nilai tahanan total kapal dengan menggunakan rumus senilai 11,3 kN dan menggunakan *software* senilai 12,3 kN, kemudian dilakukan validasi anatara keduanya dengan batasan <15% dan didapat nilai validasi yaitu 8,13%. Untuk menggerakkan kapal dengan kecepatan 9 knot dibutuhkan daya *main engine* sebesar 101 kW, dengan besar tiap *main engine* per *unit* yang berbeda sesuai jumlahnya. Dengan jumlah 1 *main engine* dipilih *engine* dengan daya sebesar 112kW, 2 *main engine* dipilih dengan daya sebesar 75 kW, dan 4 *main engine* dipilih *engine* dengan daya sebesar 75 kW karena *engine* beroperasi hanya 2 buah saja. Analisis ekonomi pada penelitian ini didapatkan BI untuk 1 *main engine* sebesar Rp. 448.000.000,- , 2 *main engine* sebesar Rp. 600.000.000,- , sedangkan 4 *main engine* sebesar Rp. 1.200.000.000,- . Biaya Operasional sampai tahun ke-30 berturut-turut sebesar Rp. 42.603.365.675,38, Rp. 43.923.376.564,18, Rp. 45.980.136.868,23. Kelayakan investasi berdasarkan NPV penggunaan *deck mounted thruster* bisa diterima.

Kata kunci: Deck Mounted Thruster, Kapal Ro-Ro Barge, Konsumsi Bahan Bakar, Main Engine.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

TECHNICAL AND ECONOMICAL STUDY IN DESIGNING DECK MOUNTED THRUSTER ON RO-RO BARGE SHIP PAYLOAD 80 TON

Name : **Muhammad Hilman Rahmandita**
NRP : **04211340000015**
Departement : **Marine Engineering**
Supervisor : **1. Ir. Amiadjji, M.M., M.Sc**
2. Edi Jadmiko, S.T., M.T

Abstract

Deck Mounted Thruster (DMT) is a ship propulsion system where main engine laying is located at the main deck section. This Mount thruster system can move 180⁰, while the thruster can spin 360⁰. In Indonesia DMT is still very rarely used, but if you look at the characteristics of its river waters are very fast sedimentation occurs, DMT is very appropriate if used to drive the river crossing boat, because the shaft of this system can adjust to water conditions. Therefore, in this research the goal is to obtain technical analysis in the form of resistance calculations, main engine power requirements, and engine laying design, while in terms of economical, we could get investment cost, operational costs and present value design of DMT system. For comparison in this research, we used main engine amounted 1,2, and 4 pieces. In this research, we obtained the value of total ship resistance by using the formula worth 11.3 kN and using software worth 12.3 kN, then we do a validation between the both of them with a limit of <15% and got the validation value which is 8.13%. To move a vessel with a speed of 9 knots requires a main engine power of 101 kW, with a different size of each main engine per unit which is different according to the amount. With 1 main engine engine selected with 112kW power, 2 main engines selected with power of 75 kW, and 4 main engines selected with power of 75 kW because the engine that operates only 2 pieces. From Economic analysis in this research, we got the investment cost for 1 main engine is Rp. 448.000.000, -, 2 main engines Rp. 600,000,000, - and 4 main engines is Rp. 1,200,000,000, -. Operational costs up to 30 years is Rp. 42.603.365.675,38, Rp. 43.923.376.564,18, Rp.45.980.136.868,23. Investment feasibility based on NPV using deck mounted thruster is acceptable.

Keyword: Deck Mounted Thruster, Ro-Ro Barge Ship, Fuel Consumption, Main Engine.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat, nikmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Kajian Teknis Dan Ekonomis Perancangan *Deck Mounted Thruster* Pada Kapal Ro-Ro Barge Payload 80 Ton”**.

Tugas akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis banyak mendapat dorongan motivasi yang besar dari berbagai pihak sehingga memberikan semangat bagi penulis. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, dan segenap keluarga yang selalu memberi dukungan moral dan materil kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
3. Bapak Ir. Amiadji, M.M., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan nasehat dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Edi Jadmiko, ST. MT selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberikan support yang besar, bimbingan, nasihat, serta wawasan untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini
5. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc selaku dosen wali yang sudah penulis anggap Ayah selama kuliah di ITS yang selalu memberikan pelajaran serta dukungannya ketika kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan-FTK, ITS.
6. Teman-teman member Laboratorium Marine Manufacturing and Design yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
7. Teman-teman BARAKUDA'13, MERCUSUAR'14 yang telah memberikan motivasi, harapan, senda gurau, dan mengajarkan apa itu arti keluarga.
8. Anak – anak warkop Joyo Sastro yang selalu menemani setiap malam untuk berdiskusi
9. Pihak-pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran serta masukan yang membangun agar menjadi perbaikan untuk penulis kedepannya.

Akhir kata semoga Allah SWT memberikan ridha dan rahmat-Nya kepada kita semua. Semoga laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penulis khususnya.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kapal <i>Roll On Roll Off (Ro-Ro)</i>	5
2.2 <i>Deck Mounted Thruster</i>	8
2.2.1 Karakteristik <i>Deck Mounted Thruster</i>	9
2.2.2 Aplikasi <i>Deck Mounted Thruster</i>	10
2.3 Tahanan Kapal	11
2.3.1 Metode Perhitungan Tahanan	13
2.4 Maxsurf	16
2.5 Analisa Ekonomi	17
2.5.1 Biaya Investasi	17
2.5.2 Biaya Operasional	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Metodologi Penelitian	19
3.2 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir	22
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Data Sungai	25
4.2 Data Ukuran Utama Kapal	26
4.3 Desain Kapal Ro-Ro <i>Barge</i>	26
4.3.1 Desain 2D	27
4.3.2 Desain 3D	29
4.4 Perhitungan Tahanan Kapal	30
4.5 Analisa <i>Hull Speed</i>	39

4.5.1 Validasi Nilai Tahanan	43
4.6 Pemilihan <i>Main Engine</i>	43
4.6.1 Perhitungan Kebutuhan Daya <i>Main Engine</i>	43
4.6.2 Kriteria Pemilihan <i>Main Engine</i>	46
4.7 Analisa <i>Performance</i>	50
4.7.1 Konsumsi Bahan Bakar 1 <i>Main Engine</i>	50
4.7.2 Konsumsi Bahan Bakar 2 <i>Main Engine</i>	51
4.7.3 Konsumsi Bahan Bakar 4 <i>Main Engine</i>	52
4.8 Analisa Ekonomi	53
4.8.1 Perhitungan Biaya Investasi Sistem Propulsi	53
4.8.2 Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar	54
4.8.3 Perhitungan Biaya Pemeliharaan	56
4.8.4 Perhitungan Gaji ABK	58
4.8.5 Perhitungan Biaya Pendapatan	60
4.8.6 Analisa <i>Present Value</i>	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75
BIODATA PENULIS	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Ro-Ro Yang Sedang Berlayar	6
Gambar 2.2 Kapal Ro-Ro Yang Sedang Menurunkan <i>Ramp Doors</i>	7
Gambar 2.3 Kapal Ro-Ro Ketika Sedang Bersandar Di Dermaga	7
Gambar 2.4 Desain Kapal Ro-Ro <i>Barge</i> dalam Bentuk Lines Plan	7
Gambar 2.5 Desain Kapal Ro-Ro <i>Barge</i> Dengan <i>Payload</i> 80 Ton.....	8
Gambar 2.6 <i>Deck Mounted Thruster</i>	8
Gambar 2.7 <i>Hydraulic Power Unit</i>	9
Gambar 2.8 <i>Outdrives Unit</i>	10
Gambar 2.9 Produk Yang Tersedia Di <i>Dutch Thruster Group</i>	11
Gambar 2.10 Spesifikasi Yang Tersedia Sesuai Dengan Kebutuhan <i>Engine</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan	24
Gambar 4.1 Peta Lokasi Sungai Tampak Atas	25
Gambar 4.2 Keadaan Di Tepi Dermaga Penyebrangan	26
Gambar 4.3 Desain 2D Kapal Dengan Satu <i>Main Engine</i>	27
Gambar 4.4 Desain 2D Kapal Dengan Dua <i>Main Engine</i>	28
Gambar 4.5 Desain 2D Kapal Dengan Empat <i>Main Engine</i>	28
Gambar 4.6 Desain 3D Kapal Dengan Satu <i>Main Engine</i>	29
Gambar 4.7 Desain 3D Kapal Dengan Dua <i>Main Engine</i>	29
Gambar 4.8 Desain 3D Kapal Dengan Empat <i>Main Engine</i>	30
Gambar 4.9 Body Plan Nilai Cstern.....	32
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan <i>Power</i> dan <i>Speed</i>	40
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan <i>Resistance</i> dan <i>Speed</i>	41
Gambar 4.12 <i>Free Surface Calculation Parameters</i>	41
Gambar 4.13 Aliran Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 1 <i>Main Engine</i> Tampak Bawah	42
Gambar 4.14 Aliran Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 2 <i>Main Engine</i> Tampak Bawah	42
Gambar 4.15 Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 4 <i>Main Engine</i> Tampak Bawah	42
Gambar 4.16 Harga HSD Pada Tiap Region Tahun 2018	54
Gambar 4.17 Grafik Nilai NPV	69

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Biaya Investasi Yang Dikeluarkan Untuk Sistem Propulsi Kapal	17
Tabel 4.1 Data Ukuran Utama Kapal	26
Tabel 4.2 Penentuan Nilai C_1 , C_2 , C_3 dan C_4	33
Tabel 4.3 Nilai dari $1+K_2$	34
Tabel 4.4 Formula Range Penentuan Nilai C_7	35
Tabel 4.5 Formula Range Penentuan Nilai λ	36
Tabel 4.6 Formula Range Penentuan Nilai C_{16}	36
Tabel 4.7 Formula Range Penentuan Nilai C_{15}	36
Tabel 4.8 Formula Range Penentuan Nilai C_4	38
Tabel 4.9 Hasil Analisa Tahanan Dengan Menggunakan <i>Software Maxsurf Resistance</i>	39
Tabel 4.10 Hasil Validasi Hitungan Tahanan	43
Tabel 4.11 Nilai Wake Fraction Dari Taylor	44
Tabel 4.12 Interpolasi Nilai w pada $C_{bw1} 0,87$	44
Tabel 4.13 Pemilihan <i>Engine</i> dengan 1 <i>Main Engine</i>	47
Tabel 4.14 Pemilihan <i>Engine</i> dengan 2 <i>Main Engine</i>	47
Tabel 4.15 Pemilihan <i>Engine</i> dengan 4 <i>Main Engine</i>	47
Tabel 4.16 <i>Engine</i> Yang Dipilih	49
Tabel 4.17 <i>Technical Data Engine</i> Pembanding	50
Tabel 4.18 Biaya Investasi 1 <i>Main Engine</i>	53
Tabel 4.19 Biaya Investasi 2 <i>Main Engine</i>	53
Tabel 4.20 Biaya Investasi 4 <i>Main Engine</i>	54
Tabel 4.21 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 1 <i>Main Engine</i> Tahun Pertama Dengan 1 <i>Main Engine</i>	55
Tabel 4.22 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 2 <i>Main Engine</i>	55
Tabel 4.23 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 4 <i>Main Engine</i>	55
Tabel 4.24 Rencana Pembiayaan Konsumsi Bahan Bakar Dalam Jangka Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah <i>Main Engine</i>	56
Tabel 4.25 Biaya Pemeliharaan	57
Tabel 4.26 Biaya Pemeliharaan	57
Tabel 4.27 Biaya Pemeliharaan <i>Main Engine</i> Dalam waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah <i>Engine</i> Berbeda	58
Tabel 4.28 Ketentuan Gaji Dan Bonus ABK	59
Tabel 4.29 Pengeluaran Biaya ABK Selama 30 Tahun	59
Tabel 4.30 Biaya Pendapatan Kapal Dalam 1 Tahun Dengan 3 <i>Main Engine</i> Berbeda	60
Tabel 4.31 Biaya Pendapatan Kapal Dalam 30 Tahun Dengan	60

Tabel 4.32 <i>Present Value</i> Biaya Konsumsi Bahan Bakar Jangka Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah <i>Main Engine</i> Berbeda	62
Tabel 4.33 <i>Present Value</i> Biaya Pemeliharaan Jangka Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah <i>Main Engine</i> Berbeda	63
Tabel 4.34 <i>Present Value</i> Biaya Gaji ABK Jangka Waktu 30 Tahun	64
Tabel 4.35 <i>Present Value</i> Biaya Pendapatan	65
Tabel 4.36 Nilai NPV Dengan 1 <i>Main Engine</i>	66
Tabel 4.37 Nilai NPV Dengan 2 <i>Main Engine</i>	67
Tabel 4.38 Nilai NPV Dengan 4 <i>Main Engine</i>	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan moda transportasi merupakan salah satu faktor yang menandakan kemajuan suatu negara, tidak terkecuali negara Indonesia. Saat ini, perkembangan moda transportasi di Indonesia terus berbenah terutama disektor kemaritiman, mengingat Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di Dunia, dimana 2/3 luas wilayahnya merupakan lautan. Di Indonesia kegiatan antar pulau merupakan faktor utama untuk pemerataan sistem distribusi kebutuhan masyarakat dari daerah satu ke daerah lainnya. Moda transportasi yang paling sering digunakan yaitu kapal ro-ro. Kapal jenis ini merupakan kapal yang mampu mengangkut kendaraan (mobil pribadi, sepeda motor, truck) dari pulau satu ke pulau lainnya, biasanya menggunakan dua buah *ramdoors* dibagian haluan dan buritan. Sebagai contoh, kapal ro-ro di Indonesia banyak digunakan untuk sarana transportasi yang menghubungkan antara Pelabuhan Ketapang (Banyuwangi) - Pelabuhan Gilimanuk (Bali), Pelabuhan Merak (Banten) – Pelabuhan Bakauheni (Lampung), Pelabuhan Padang Bai (Bali) – Pelabuhan Lembar (Lombok).

Kapal ro-ro yang saat ini sudah ada masih menggunakan sistem propulsi konvensional, dimana engine utama terletak dibawah deck ruang muat yang dihubungkan *shaft* horizontal untuk menggerakkan *propeller*, biasanya kapal ro-ro memiliki dua buah engine penggerak utama dibagian haluan dan buritan yang berfungsi untuk bergerak maju dan mundur dari pulau satu ke pulau lainnya.

Penggunaan sistem propulsi konvensional pada kapal ro-ro saat ini dirasa masih kurang efektif, selain membutuhkan ruangan yang cukup besar untuk penempatan engine, engine sekarang memiliki beban yang cukup berat serta untuk perawatan membutuhkan biaya yang cukup besar. Maka dari itu diperlukan sebuah penelitian untuk mengubah penggunaan sistem propulsi konvensional dengan sistem propulsi baru yang lebih efektif.

Menurut beberapa penelitian telah didapatkan sistem propulsi yang lebih efektif, salah satunya adalah sistem propulsi *deck mounted thruster (DMT)*. *Deck mounted thruster* memiliki beberapa keunggulan antara lain, penempatan *engine* di atas deck mempermudah proses *maintenance* dan komponen yang digunakan cukup sederhana, dimensinya tidak terlalu besar dan lebih ringan, penggunaan vertikal *shaft* yang dapat menyesuaikan dengan kondisi kedalaman area perairan. Jika melihat dari beberapa keunggulan tersebut, sistem propulsi ini sangat efektif jika digunakan untuk kapal penyebrangan sungai di Indonesia. Melihat kondisi sungai yang ada di Indonesia, proses sedimentasi bergerak sangat cepat, sedangkan pencegahan sendiri berlangsung lambat. Harapannya sistem propulsi ini dapat menyesuaikan dengan kondisi sungai yang semakin dangkal tanpa ada kerusakan.

Dalam penelitian ini penggunaan sistem propulsi *deck mounted thruster* merupakan sesuatu yang baru digunakan pada kapal ro-ro di Indonesia, dimana *engine* penggerak utama kapal tidak lagi diletakkan di bawah ruang muat (kamar mesin) melainkan diletakkan pada bagian deck bagian atas, *shaft* yang menghubungkan antara

engine penggerak utama dengan propeller berbeda dengan sistem propulsi kapal konvensional, dimana *shaft* pada propulsi ini menggunakan vertikal *shaft*. Sistem propulsi sendiri menggunakan sistem propulsi *azimuth thruster* yang dapat bergerak 360°, sehingga tidak memerlukan *rudder* lagi sebagai *remover*. Dengan kondisi propulsi yang dapat bergerak 360° ini kapal dapat melakukan manuvering dengan baik sehingga dengan mudah dapat mengubah posisi kapal.

Jauh sebelumnya, *deck mounted thruster* sendiri sudah lebih awal digunakan pada industri minyak lepas pantai sebagai *dynamic positioning system* untuk menjaga posisi bangunan lepas pantai agar tetap pada posisinya. Sistem inilah yang coba untuk diterapkan pada sistem penggerak kapal ro-ro.

Dengan mengubah peletakan *engine* utama yang semula diletakan di bawah ruang muat menjadi di atas *deck* maka akan mempengaruhi stabilitas dari kapal. Bukan hanya stabilitas kapal yang akan berubah, tetapi kebutuhan penggunaan bahan bakar pun akan berubah. Sehingga perlu dilakukan penelitian berupa kajian teknis serta kajian ekonomis terkait perubahan sistem propulsi konvensional menjadi sistem propulsi *deck mounted thruster* untuk mendapatkan seberapa efektif penggunaan sistem propulsi *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro, sehingga sistem ini dapat dikembangkan kedepannya sebagai terobosan baru dibidang transportasi laut. Adapun kapal ro-ro yang digunakan untuk penelitian yaitu kapal ro-ro *barge* dengan *payload* 80 ton.

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan sistem propulsi *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro merupakan hal yang baru di Indonesia. Ada beberapa tahapan kajian yang harus dilakukan agar penggunaan sistem propulsi *deck mounted thruster* dapat dikembangkan di Indonesia. Hal ini menjadikan permasalahan tersendiri untuk mengembangkan sistem propulsi *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro di Indonesia. Oleh karena itu, permasalahan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana perhitungan tahanan pada kapal ro-ro *barge* dengan *payload* 80 ton?
2. Bagaimana kebutuhan daya yang dibutuhkan oleh kapal ro-ro *barge* dengan *payload* 80 ton?
3. Bagaimana analisa ekonomi dari kapal yang menggunakan *deck mounted thruster*

1.3 Batasan Masalah

1. Kapal yang dianalisa adalah kapal ro-ro *barge* dengan *payload* 80 ton
2. Tidak memperhitungkan secara detail stabilitas kapal
3. Data kapal ro-ro *barge* yang digunakan mengadopsi kapal yang sudah ada
4. Tidak menganalisa secara detail desain konstruksi kapal
5. Untuk perhitungan tahanan menggunakan variasi kecepatan 7 – 9 knot

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Mendapatkan nilai tahanan dari kapal ro-ro *barge* dengan *payload* 80 ton.
2. Mendapatkan kebutuhan daya dari kapal yang dianalisa.
3. Mendapatkan hasil analisa ekonomi dari kapal yang menggunakan *deck mounted thruster*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan informasi berupa kajian teknis dan aspek ekonomi dari penggunaan sistem propulsi *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro
2. Dapat dijadikan bahan perbandingan dan pertimbangan dalam mengkaji kapal ro-ro yang menggunakan sistem propulsi konvensional dengan kapal ro-ro yang menggunakan sistem propulsi *deck mounted thruster*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal *Roll On Roll Off* (*Ro-Ro*)

Kapal *Ro-Ro* merupakan sebuah transportasi laut yang dapat memuat penumpang ataupun kendaraan. Dimana kendaraan dapat masuk dan keluar kapal secara mandiri tanpa perlu menggunakan alat bongkar muat. Sistem masuk dan keluarnya kendaraan ke dalam kapal yang pergerakannya berjalan sendiri, maka kapal ini disebut dengan kapal *Roll On Roll Off* atau *Ro-Ro*. Lazimnya kapal *Ro-Ro* memiliki dua buah *Ramp Doors* dibagian haluan dan buritan kapal yang berfungsi sebagai akses masuk dan keluarnya kendaraan pada saat proses bongkar muat.

Ketika kapal bersandar di pelabuhan, *ramp doors* akan terbuka dan terhubung dengan *moveble bridge* atau dermaga apung yang ada di dermaga. *Moveble bridge* merupakan sambungan antara *ramp doors* yang ada di kapal dengan dermaga yang ada di pelabuhan. *Moveble bridge* dapat bergerak dengan menggunakan sistem hidrolik, sehingga dapat disesuaikan dengan kapal yang akan merapat ke pelabuhan dengan biaya yang cukup murah.

Ada berbagai jenis kapal *ro-ro*, seperti kapal feri, kapal feri kapal pesiar, kapal kargo, dan tongkang. Kapal *ro-ro* yang khusus digunakan untuk mengangkut mobil dan truk di lautan yang dikenal sebagai *Murni Car Carriers* (*PCC*) dan *Murni Truk & Mobil Carriers* (*PCTC*). Tidak seperti kargo lainnya yang diukur dalam metrik ton, kargo *ro-ro* diukur dalam unit yang disebut jalur dalam meter (*LIMs*). *LIM* dihitung dengan mengalikan panjang kargo di meter dengan jumlah deck dan dengan lebar dalam jalur. Lebar lajur akan berbeda dari kapal ke kapal dan ada sejumlah standar industri. (*Sumber: Majalah Pelaut Indonesia:2011*).

Kapal *ro-ro* menawarkan beberapa sejumlah keunggulan dibandingkan dengan kapal tradisional, diantaranya untuk hal pengiriman keuntungannya yaitu terkait dengan kecepatan, dengan menggunakan kapal *ro-ro* proses pengiriman dapat menghemat banyak waktu. Dalam hal lainnya, kapal *ro-ro* telah berkontribusi besar dalam bidang pariwisata, dimana pelaku wisata dapat mengambil kendarannya dari pulau satu ke pulau lainnya.



Gambar 2.1. Kapal Ro-Ro Yang Sedang Berlayar
(Sumber: Pos Kupang:2016)

Sekarang ini, kapal ro-ro tidak hanya digunakan untuk angkutan truck saja, melainkan mobil pribadi, sepeda motor, dan penumpang pejalan kaki. Penggunaan kapal ro-ro di Indonesia banyak digunakan untuk menghubungkan antar pulau, contohnya Pelabuhan Ketapang (Banyuwangi) - Pelabuhan Gilimanuk (Bali), Pelabuhan Merak (Banten) – Pelabuhan Bakauheni (Lampung), Pelabuhan Padang Bai (Bali) – Pelabuhan Lembar (Lombok). Salah satu perusahaan negara terbesar di Indonesia yang mengelola jalur penyebrangan antar pulau yaitu PT.PELNI (Persero).

Dikutip dari majalah pelaut Indonesia ada beberapa variasi tertentu dari kapal ro-ro, antara lain:

1. ROPAX

ROPAX merupakan singkatan dari *Roll On Roll Off* penumpang. Ini adalah kapal ro-ro yang dibangun untuk pengangkutan kendaraan dengan akomodasi penumpang. Kapal dengan fasilitas untuk lebih dari 500 penumpang yang sering disebut sebagai pelayaran kapal feri.

2. ConRo

Kapal ConRo adalah hibrida antara ro-ro dan kapal kontainer. Jenis kapal menggunakan area di bawah geladak untuk penyimpanan sementara kendaraan angkutan kemas menumpuk di atas geladak.

3. RoLo

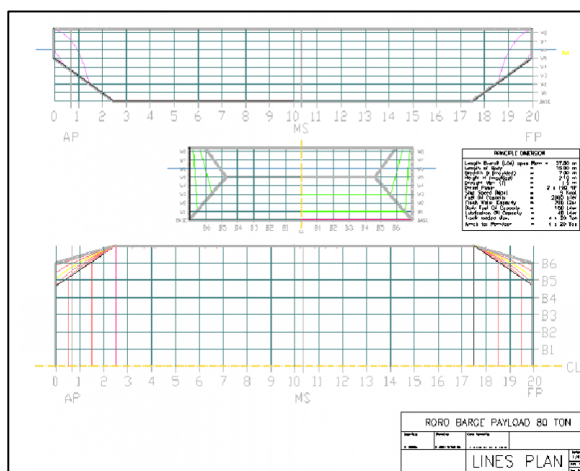
RoLo adalah singkatan *roll-on lift-off* kapal. Ini juga merupakan jenis kapal hibrida dengan landai melayani deck geladak kendaraan namun kargo lainnya hanya bisa diakses oleh *crane*.

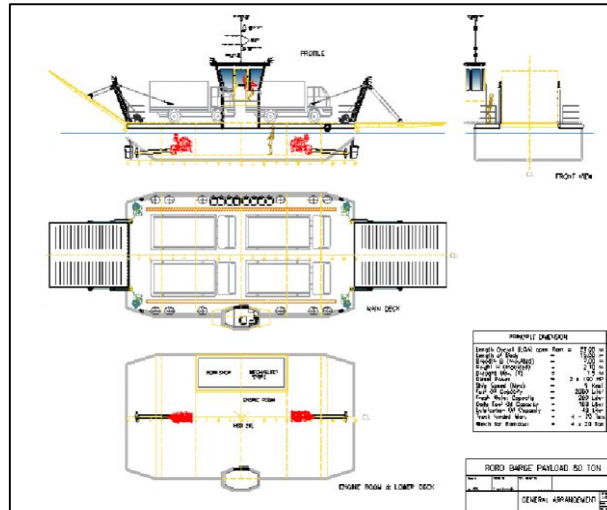


Gambar 2.2. Kapal Ro-Ro Yang Sedang Menurunkan *Ramp Doors*
(Sumber: Radar Bangka:2015)



Gambar 2.3. Kapal Ro-Ro Ketika Sedang Bersandar Di Dermaga
(Sumber: Kompas Riau:2017)





Gambar 2.5. Desain Kapal Ro-Ro Barge Dengan Payload 80 Ton

2.2 Deck Mounted Thruster

Deck mounted thruster sejatinya mengadopsi dari *portable dynamic positioning system*, dimana *engine* penggerak utama kapal terletak pada bagian *deck* paling atas (*deck* utama). *Deck mounted thruster* sendiri merupakan unit penggerak kapal yang mandiri dengan penggerak utama bisa berupa mesin diesel, motor listrik ataupun kombinasi antara motor pompa hidrolik. *Shafting* dari engine penggerak utama dari sistem ini menggunakan sistem vertikal yang dapat dimiringkan ketika melakukan pembersihan dan perawatan, *shafting* yang vertikal ini dapat disesuaikan dengan kedalaman area pelayaran, sehingga sangat memungkinkan kapal berlayar di perairan dangkal.



Gambar 2.6 Deck Mounted Thruster
(Sumber: Hidromasterpropulsion.com)

Sistem pengendali dari *deck mounted thruster* ini menggunakan layar komputer yang semuanya diatur di dalam ruang navigasi dari kapal tersebut. Keuntungan dari penggunaan sistem ini yaitu: (1) Kapal dapat bermanuver secara cepat karena propeller dapat berputar 360°; (2) Menggantikan komponen yang berada di kamar mesin seperti *shaft*, *stern tube*, *propeller*, *rudder*, *steering gear* dengan satu unit yang berada di atas deck; (3) Mempermudah proses perbaikan dan perawatan

2.2.1 Karakteristik *Deck Mounted Thruster*

Deck Mounted Thruster adalah sebuah sistem penggerak yang menggunakan *azimuth thruster* dengan pendorong hidrolis untuk menggerakkan *propellernya*. Dalam sistem propulsi ini, sistem dikendali seluruhnya didalam ruang kendali oleh ABK kapal yang menjalankan tugas. *Thruster* yang dikendalikan berfungsi untuk melakukan pergerakan kapal dari satu daratan ke daratan lainnya. Pada *Deck Mounted Thruster* ada beberapa komponen, antara lain:

1. *Hydraulic Power Unit (HPU)*

HPU merupakan komponen berupa container yang didesain sebagai tempat untuk beberapa komponen penggerak kapal seperti *diesel engine*, pompa sistem hidrolis yang berhubungan dengan *outdrive thruster*. Setiap HPU dipasang pada masing-masing *outdrive thruster* dimana peletakkannya berada diatas *deck* utama.



Gambar 2.7 *Hydraulic Power Unit*
(Sumber: Thrustmaster Of Texas, Inc)

2. *Platform*

Platform merupakan pondasi pada bagian lambung kapal yang berfungsi sebagai penyangga dari *mount thruster* agar tidak merubah posisi ketika melakukan *manuvering* atau ketika ada guncangan.

3. *Outdrives Unit*

Pada *outdrives unit* terdiri dari dua bagian yaitu *mount thruster* dan *thruster*. *Mount thruster* adalah vertikal *shaft* yang menghubungkan *engine* dengan *thruster*. *Mounted thruster* dapat bergerak 180° . Sedangkan *thruster* adalah bagian penggerak kapal berupa *propeller* dengan sistem *azimuth thruster* yang dapat berputar 360° .



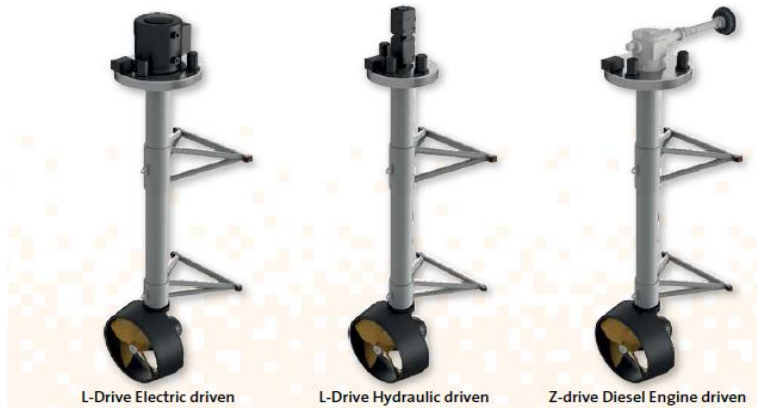
Gambar 2.8 *Outdrives Unit*
(Sumber: Thrustmaster Of Texas, Inc)

2.2.2 Aplikasi *Deck Mounted Thruster*

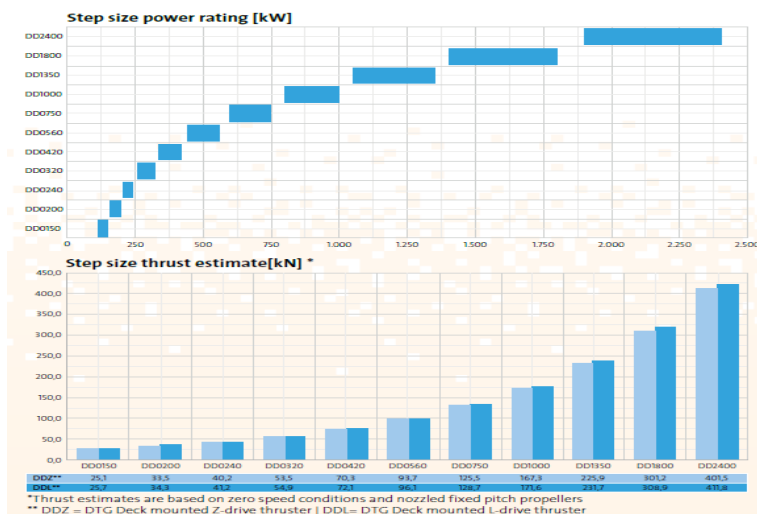
Azimuth Thruster sejatinya sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai penggerak kapal karena memiliki faktor fleksibilitas dan *manuvering* yang baik. Hanya saja terdapat beberapa kendala jika digunakan sebagai penggerak utama kapal. Salah satu kendala yang paling utama yaitu terkait biaya instalasi dan operasional yang cukup mahal. Meskipun jika melihat dari tata letak, sistem ini merupakan sitem yang cukup sederhana dan tidak terlalu memakan ruangan di kapal. Melihat dari hal tersebut, *deck mounted thruster* lebih banyak digunakan dalam aktivitas *offshore* karena dapat mempertahankan posisi kapal ditengah perairan. Untuk mempertahankan posisi kapal agar tetap diam biasanya kapal menurunkan jangkar, tetapi banyak sekali kendala ketika melakukan proses ini, antara lain jangkar yang digunakan jumlahnya biasanya lebih dari satu dan ketika proses penurunan jangkar dilakukan banyak sekali kasus jangkar kapal yang

merusak instalasi jaringan bawah laut. Itu sebabnya *deck mounted thruster* lebih banyak digunakan pada kapal – kapal *offshore* agar posisinya tetap stabil.

Salah satu produsen *Deck mounted thruster* yang ada adalah *Dutch Thruster Group* dari Belanda. *Dutch Thruster Group* menyediakan tiga jenis *engine* penggerak yaitu elektrik, hidrolik, dan diesel. Besarnya kebutuhan daya *engine* pun akan disesuaikan dengan kebutuhan kapal



Gambar 2.9 Produk Yang Tersedia Di *Dutch Thruster Group*
(Sumber: *Dutch Thruster Group Catalogue,2016*)



Gambar 2.10 Spesifikasi Yang Tersedia Sesuai Dengan Kebutuhan *Engine*
(Sumber: *Dutch Thruster Group Catalogue,2016*)

2.3. Tahanan Kapal

Secara umum kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (*resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya gaya hambat yang terjadi harus mampu diatasi oleh gaya dorong kapal (*thrust*) yang dihasilkan dari kerja alat gerak kapal (*propulsor*).

Gaya hambat inilah yang biasa kita sebut dengan istilah tahanan kapal. (Adji, 2009)

Dalam perhitungan tahanan ini menggunakan metode Holtrop. Selain itu, metode Holtrop juga diperuntukkan untuk kapal-kapal niaga, sesuai dengan kapal yang akan dirancang. Menentukan tahanan total kapal diperlukan koefisien block dan koefisien prismatik dari kapal yang akan dirancang. Serta menghitung volume displasmen, berat displasmen, luas permukaan basah, angka froud dan angka reynold.

Dalam buku tugas akhir Rizky Prianda yang berjudul “Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal *Container* Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut” tahun 2016 disebutkan pada dasarnya tahanan kapal dibagi menjadi dua yaitu tahanan yang berada di atas permukaan air dan tahanan yang berasal dari bawah air. Tahanan yang ada diatas permukaan air adalah yang bekerja pada bagian badan kapal yang terlihat di atas permukaan air, pengaruh udara menimbulkan tahanan pada lambung kapal. Adapun komponen-komponen tahanan kapal itu sendiri adalah:

a. Tahan Gesek (Friction Resistance)

Tahanan Gesek (friction resistance) timbul akibat kapal bergerak melalui fluida yang memiliki viskositas seperti air laut, fluida yang berhubungan langsung dengan permukaan badan kapal yang tercelup sewaktu bergerak akan menimbulkan gesekan sepanjang permukaan tersebut, inilah yang disebut sebagai tahanan gesek. Tahanan gesek terjadi akibat adanya gesekan permukaan badan kapal dengan media yang di lalulinya. Oleh semua fluida mempunyai viskositas, dan viskositas inilah yang menimbulkan gesekan tersebut. Penting tidaknya gesekan ini dalam suatu situasi fisik tergantung pada jenis fluida dan konfigurasi fisik atau pola alirannya (flow pattern). Viskositas adalah ukuran tahanan fluida terhadap gesekan bila fluida tersebut bergerak. Jadi tahanan Viskos (RV) adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh viskos.

b. Tahanan Sisa (Residual Resistance)

Tahanan sisa didefinisikan sebagai kuantitas yang merupakan hasil pengurangan dari hambatan total badan kapal dengan hambatan gesek dari permukaan kapal. Hambatan sisa terdiri dari :

1) Tahanan Gelombang (Wake Resistance)

Tahanan gelombang adalah hambatan yang diakibatkan oleh adanya gerakan kapal pada air sehingga dapat menimbulkan gelombang baik pada saat air tersebut dalam keadaan tenang maupun pada saat air tersebut sedang bergelombang.

2) Tahanan Udara (Air Resistance)

Tahanan udara diartikan sebagai Tahanan yang di alami oleh bagian badan kapal utama yang berada diatas air dan bangunan atas (Superstruktire) karena gerakan kapal di udara. Tahanan ini tergantung pada kecepatan kapal dan luas serta bentuk bangunan atas tersebut. Jika angin bertiup maka tahanan tersebut juga akan tergantung pada kecepatan angin dan arah relatif angin terhadap kapal.

3) Tahanan Bentuk

Tahanan ini erat kaitannya dengan bentuk badan kapal, dimana bentuk lambung kapal yang tercelup di bawah air menimbulkan suatu tahanan karena adanya pengaruh dari bentuk kapal tersebut.

c. Tahanan Tambahan (Added Resistance)

Tahanan ini mencakup tahanan untuk korelasi model kapal. Hal ini akibat adanya pengaruh kekasaran permukaan kapal, mengingat bahwa permukaan kapal tidak akan pernah semulus permukaan model. Tahanan tambahan juga termasuk tahanan udara, anggota badan kapal dan kemudi. Komponen Tahanan tambahan terdiri dari : Tahanan anggota badan (Appendages Resistance), adalah tahanan dari bos poros, penyangga poros, lunas bilga, daun kemudi dan sebagainya. Tahanan kekasaran, adalah terjadi akibat kekasaran dari korosi air, pengotoran pada badan kapal, dan tumbuhan laut. Hambatan kemudi (Steering Resistance), terjadi akibat pemakaian kemudi.

2.3.1 Metode Perhitungan Tahanan Kapal

Setelah semua komponen tahanan telah ditemukan, perhitungan tahanan total dengan dapat dilakukan dengan rumusan metode Holtrop sebagai berikut:

$$R_{total} = R_f (1 + k_1) + R_{app} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a$$

Adapun langkah – langkah dalam pengerjaan perhitungan metode ini adalah:

1. Volume Displasmen (▼)

Volume displasmen ialah volume air yang dipindahkan oleh badan kapal, dimana satuannya m^3 . Volume displasmen ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\nabla = C_{bwl} \times L_{wl} \times B \times T \times \rho \text{ (m}^3\text{)}$$

Dimana C_b merupakan perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dengan volume balok dengan panjang L_{wl} , lebar B , dan draught T .

2. Berat Displasmen (▲)

Berat volume air yang dipindahkan oleh badan kapal. Jadi berat dari volume air yang dipindahkan merupakan berat kapal tersebut, dengan satuan ton. Dimana berat displasmen dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_{bwl} \text{ (ton)}$$

3. Luas Permukaan Basah (S)

Yaitu luas permukaan badan kapal yang tercelup di dalam air. Dimana luas permukaan basah atau *wetted surface* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = L(2T+B)\sqrt{C_m(0.453 + 0.4425C_{bw}l - 0.2862C_m - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{wp}) + 2.38 Abt/C_b} \quad (m^2)$$

4. Angka Froud (Fn)

Angka Froud ini berhubungan dengan kecepatan kapal. Semakin besar angka froud maka semakin besar kecepatan kapal tersebut. Dimana dalam syarat penggunaan metode Harvald ini, Angka Froude (Fn) harus 0.2 – 0.25. Rumus angka froud (Fn) :

$$Fn = \frac{v}{\sqrt{gLwl}}$$

5. Angka Reynold (Rn)

Adapun rumusan dari angka reynold ialah sebagai berikut :

$$Rn = \frac{v \times Lwl}{\nu_k}$$

Setelah menentukan nilai-nilai diatas, barulah kita hitung koefisien komponen-komponen tahanan. Koefisien-koefisien tersebut lah yang akan menentukan nilai tahanan suatu kapal.

6. Koefisien Tahanan Gesek (Cf)

Koefisien tahanan gesek diambil dari korelasi model-kapal ITTC 1957, yaitu:

$$Cf = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

7. Tahanan Gesek (Rf)

Untuk mendapatkan nilai dari tahanan gesek maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$Rf(1+K1) = 0,5 \times \rho \times Cf \times S \times Vs^2$$

8. Tahanan Tambahan (Rapp)

Nilai tahanan tambahan tergantung pada tipe kapal yang akan dihitung. Hal ini penunjang lainnya yaitu faktor tipe kapal, tipe rudder, penempatan rudder yang akan mempengaruhi terhadap tahanan kapal. Untuk mendapatkan nilai tahanan tambahan maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$Rapp = 0,5 \times \rho \times Vs^2 \times S_{APP} \times (1+K_2)eq \times Cf$$

9. Tahanan Gelombang (Rw)

Tahanan gelombang yang dimaksud adalah gelombang yang dihasilkan dari kapal ketika kapal bergerak. Untuk mendapatkan nilai tahanan gelombang maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$R_W = C_1 \times C_2 \times C_5 \times \nabla \times \rho_{Air\ Laut} \times \exp\{m_1 \times Fn^d + m_2 \times \cos(\lambda \times Fn^{-2})\}$$

10. Tahanan Tambahan Dari *Bulbous Bow* (Rb)

Tahanan tambahan dari *bulbous bow* dilakukan apabila kapal yang dianalisa menggunakan *bulbous bow* dengan menggunakan rumus:

$$R_B = 0.11 \exp(-3P_B^{-2}) Fni^3 \times A_{BT}^{1.5} \times P_B \times g / (1 + Fn^2)$$

$$P_B = 0.56 \times \sqrt{A_{BT}} / (T_F - 1.5 \times h_B) / V_S$$

$$Fni = \frac{V_S}{\sqrt{g(T_F - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 \times V_S^2}}$$

Apabila kapal tidak menggunakan *bulbous bow* maka nilainya adalah 0

11. Tahanan Tambahan Dari *Transom* (Rtr)

Untuk mendapatkan nilai tahanan *transom* dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$R_{TR} = 0.5 \times \rho_{Air\ laut} \times V_S^2 \times A_T \times C_6$$

$$Fn_T = \frac{V_S}{\sqrt{2 \times g \times A_T / (B + B \times C_{wp})}}$$

Apabila *transom* pada kapal berada dirancang luas permukaannya berada diatas permukaan maka nilai tahanan *transomnya* adalah 0

12. Tahanan *Model Ship Correlation* (Ra)

Nilai tahanan ini yaitu nilai koreksi yang berhubungan dengan model kapal, untuk mendapatkan nilai ini maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus:

$$Ra = 0.5 \times \rho \times V_S^2 \times S \times C_A$$

13. Tahanan Dinas Kapal (R_{TS})

Setelah dilakukan perhitungan tahanan total selanjutnya adalah menghitung tahanan dinas kapal. Nilai tahanan total merupakan nilai tahanan dalam pelayaran percobaan, sedangkan tahanan dinas kapal merupakan tahanan dengan area pelayaran sebenarnya. Pada kondisi tertentu, pelayaran dinas perlu diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran rata-rata pelayaran dinas disebut *sea margin/service margin*. Nilai rata-rata untuk area pelayaran di Indonesia sendiri yaitu 15%-20%. Selanjutnya digunakan rumus berikut untuk mendapatkan nilai tahanan dinas kapal:

$$R_t \text{ dinas} = (1 + 20\%) \times R_T$$

Adapun symbol dan istilah yang digunakan dalam perhitungan tahanan ialah :

• ▼	= volume displamen	(m^3)
• ▲	= berat displamen	(ton)
• LPP	= Length Between perpendicular	(m)
• LWL	= Length On Water Line	(m)
• Cb	= Coeffisien block	
• Vs	= Velocity Speed	(knot)
• Fn	= Froud number	
• Vk	= Koefisien viskositas kinematik	
• Cf	= Friction Coefficient	
• Cr	= Residu Coefficient	
• S	= Luas Permukaan Basah	(m^2)
• Rt	= Total Resistance	(kN)
• Rf	= Tahanan Gesek	(kN)
• Rapp	= Tahanan Tambahan	(kN)
• Rw	= Tahanan Gelombang	(kN)
• Rb	= Tahanan Bulbous	(kN)
• Rtr	= Tahanan Transom	(kN)
• Ra	= Tahanan Model Ship Correlation	(kN)
• R_{TS}	= Tahanan Dinas Kapal	(kN)

2.4 Maxsurf

Maxsurf merupakan program aplikasi spesialis dalam bidang arsitektur laut dan galangan kapal, teknik lepas pantai dan rekayasa struktur yang dikeluarkan oleh produsen software Bentley System. Program ini dapat memvisualisasikan dan mengoptimalkan desain kapal dengan pengaturan lengkap yang telah diintegrasikan. Maxsurf terdiri dari beberapa sub-program aplikasi antara lain, maxsurf modeler, maxsurf motion, maxsurf resistance, maxsurf stability, maxsurf structure, maxsurf fitting, maxsurf link, maxsurf Vpp. Beberapa fungsi pada aplikasi ini seperti membuat bentuk lambung kapal yang seimbang sesuai dengan persyaratan stabilitas,

tahanan kapal, seakeeping dan kekuatan kapal. Maxsurf sendiri digunakan untuk membuat lines plan dalam bentuk 3D yang dapat memperlihatkan potongan station, buttock, sheer dan 3D-nya pada pandangan depan, atas, samping dan prespektif. Dasar dari pembuatan modelnya adalah surface yang merupakan bidang permukaan dan dapat dibuat menjadi model 3D dengan cara menambah, mengurangi, dan merubah control point. Lines plan merupakan hal terpenting dalam proses pembuatan model 3D karena menggambarkan karakteristik kapal yang akan dibuat.

Pemodelan lambung kapal di maxsurf terdiri dari berbagai surface yang digabungkan (bounding). Surface pada maxsurf didefinisikan sebagai kumpulan control point yang membentuk jaring-jaring control point. Dalam memperoleh surface yang diinginkan maka perlu memindahkan control point hingga mencapai hasil yang optimu. Pusat proses pemodelan desain lines plan menggunakan maxsurf merupakan pengertian bagaimana control point digunakan untuk mencapai bentuk surface yang diinginkan.

2.5 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi diperlukan untuk mendapatkan gambaran penggunaan *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro *barge* penyebrangan sungai. Analisa ekonomi yang dilakukan meliputi biaya investasi, biaya konsumsi bahan bakar, biaya operasional dan biaya pemeliharaan.

2.5.1 Biaya Investasi

Menurut Kwasiestyj (2013), dalam perencanaan sistem propulsi, biaya investasi perlu dilakukan perhitungan. Biaya investasi merupakan biaya yang harus dikeluarkan dari mulai tahap awal proses pembangunan hingga tahap akhir proses pembangunan. Biaya investasi untuk komponen-komponen sistem propulsi biasanya tergantung pada faktor berat, ukuran dan daya komponen tersebut. Sebagai contoh biaya investasi yang harus dikeluarkan untuk sistem propulsi seperti yang tertera pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Biaya Investasi Yang Dikeluarkan Untuk Sistem Propulsi Kapal
(Kwasiestyj, 2013)

Component	Costs [€/kW]	Remarks
Diesel engine 4-stroke	360	Line type
Diesel engine 4-stroke	340	V-type < 32 bore
Diesel engine 4-stroke	280	V-type ≥ 32 bore
Diesel generator set	400	< 32 bore
Diesel generator set	360	≥ 32 bore
Electric machine	50	Induction
Frequency converter	120	Both PWM and LCI
Frequency converter	135	With active front end
CPP + shaftline	100	

2.5.2 Biaya Operasional

Biaya operasional pada suatu kapal umumnya ditentukan oleh faktor yang dominan yakni konsumsi bahan bakar selama kapal beroperasi (Prasetya H K, 2016). Maka dalam penelitian ini perbandingan konsumsi bahan terhadap variasi penggunaan jumlah *main engine* menjadi sangat penting. Penggunaan konsumsi bahan bakar sangat tergantung dari lamanya kapal beroperasi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini yaitu dengan membuat kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diangkat dalam skripsi ini. Metodologi berisikan tentang langkah - langkah dalam menyelesaikan penelitian. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu mengkaji faktor teknis dan ekonomis perancangan *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro barge dengan payload 80 ton. Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai tahanan total dari kapal yang akan dianalisa. Kemudian memilih *engine deck mounted thruster* untuk menghasilkan daya dorong kapal yang sesuai kebutuhan berdasarkan pada *engine* yang ada dipasaran.

Menempatkan *engine* juga perlu diperhatikan, karena akan mempengaruhi terhadap kestabilan kapal itu sendiri. Penempatan *engine* sendiri digambarkan berupa desain *layout* dari lokasi pemasangan *engine*. Selain kajian teknis dari perancangan *deck mounted thruster* diperhitungkan juga kajian ekonomis dari rancangan ini, dimana kajian ekonomis ini akan membandingkan biaya antara kapal dengan *engine* konvensional dan *deck mounted thruster*. Secara garis besar penelitian tugas akhir ini berjudul “ Kajian Teknis dan Ekonomis Perancangan *Deck Mounted Thruster* Pada Kapal Ro-Ro Barge Payload 80 Ton” dengan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Identifikasi Rumusan Masalah

Langkah awal dari pengerjaan skripsi ini yaitu mengidentifikasi perumusan masalah. Perumusan masalah sendiri nantinya akan diselesaikan selama pengerjaan skripsi. Selain perumusan masalah, pengerjaan skripsi ini menggunakan batasan masalah. Batasan masalah ini berguna agar pengerjaan skripsi ini lebih mendetail dan bahasannya tidak terlalu meluas, sehingga bisa lebih terfokus dan memudahkan penulis dalam melakukan analisa permasalahan.

2. Studi Literatur

Tahapan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan berbagai macam referensi dan mempelajarinya untuk menunjang penyelesaian skripsi ini. Studi literatur sendiri diperoleh dari berbagai macam sumber seperti, jurnal, paper, internet, dan buku, serta bertanya langsung kepada orang – orang yang ahli dibidangnya.

3. Pengumpulan Data

Data yang didapat nantinya akan digunakan untuk kebutuhan penyelesaian skripsi ini. Adapun data-data yang harus dikumpulkan sebagai langkah pengerjaan skripsi ini yaitu data dari sungai tempat kapal beroperasi dan data dari kapal itu sendiri. Apabila data yang didapat tidak cukup lengkap maka digunakan asumsi yang akan dirasionalkan dengan parameter yang ada.

4. Analisa Teknik

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan sebagai penunjang, selanjutnya melakukan analisa teknik dari pengerjaan skripsi meliputi perhitungan desain penempatan *main engine*, perhitungan tahanan kapal, perhitungan kebutuhan daya *engine* kapal, pemilihan *main engine* dan perhitungan konsumsi bahan bakar.

5. Desain Penempatan Main Engine

Pada tahapan ini kapal di desain berupa tampilan 2D dan 3D. Desain 2D di gambar dengan menggunakan *software AutoCAD* dan desain 3D digambar dengan menggunakan *software Maxsurf*.

6. Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal dilakukan dengan metode Holtrop yang mengacu pada mata kuliah tahanan dan propulsi kapal serta melakukan *running software maxsurf* untuk membandingkan hasil hitungan. Perbandingan dilakukan dengan menggunakan batasan selisih antara kedua hitungan $<15\%$ sebagai proses validasi hitungan

7. Pemilihan Engine Deck Mounted Thruster

Dalam menentukan *engine* utama penggerak kapal diperlukan perhitungan tahanan total dari kapal, sehingga nantinya didapatkan daya EHP, DHP, SHP, dan BHP. BHP (*Brake Horse Power*) merupakan acuan dalam menentukan *engine* utama penggerak kapal, dimana pemilihan *engine* disesuaikan dengan daya dari BHP yang diperlukan.

8. Perhitungan Kebutuhan Daya Main Engine

Perhitungan daya *main engine* merupakan faktor penting ketika melakukan pemilihan *main engine*. Pada skripsi ini digunakan 3 kondisi penggunaan *main engine* berdasarkan jumlah nya, yaitu 1 *main engine*, 2 *main engine* dan 4 *main engine*.

9. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar

Besarnya daya dari *main engine* yang dipilih sangat berpengaruh terhadap banyaknya konsumsi bahan bakar yang digunakan, sehingga hal ini akan menjadi parameter untuk menghitung analisa ekonomi nya.

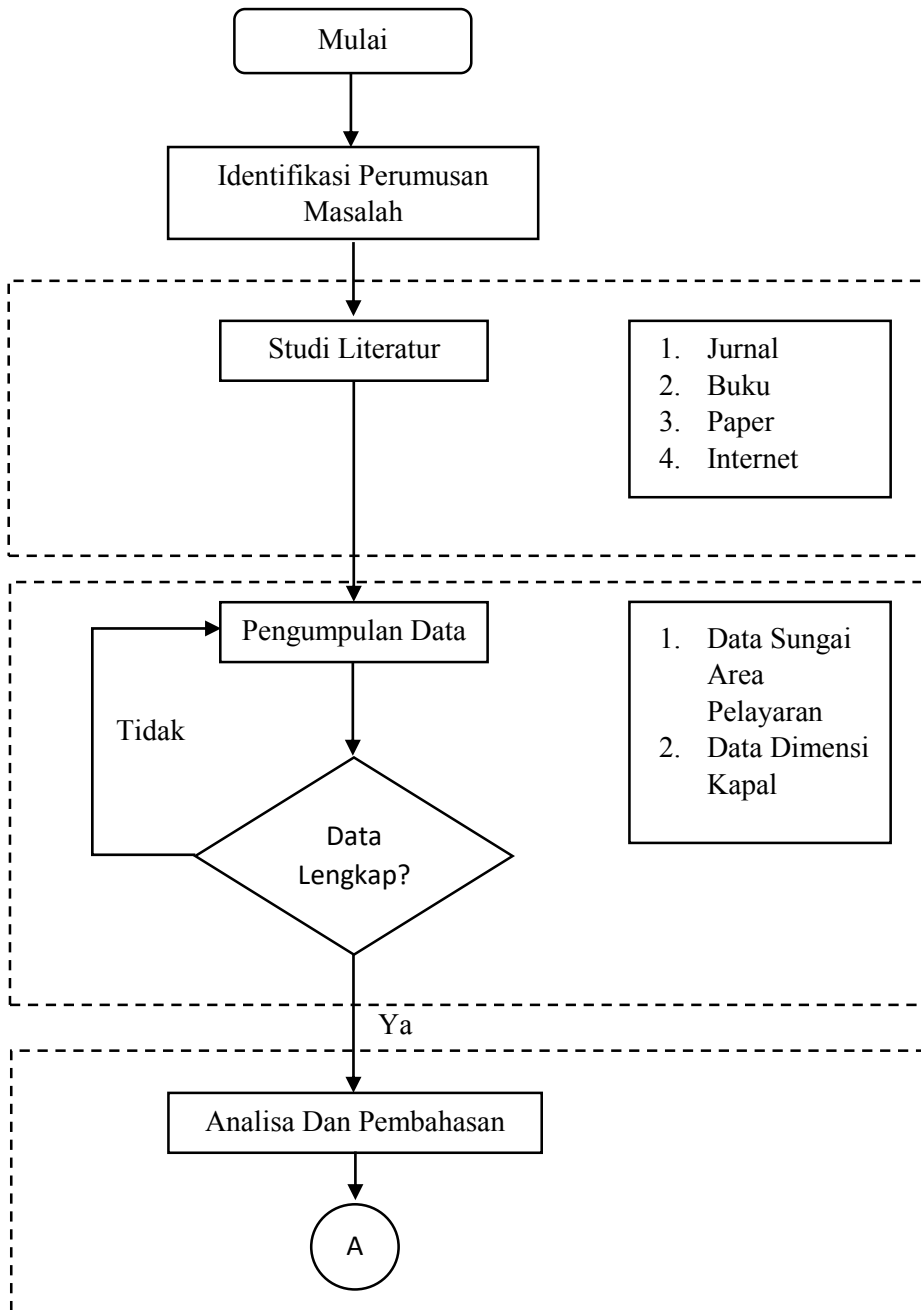
10. Analisa Ekonomi

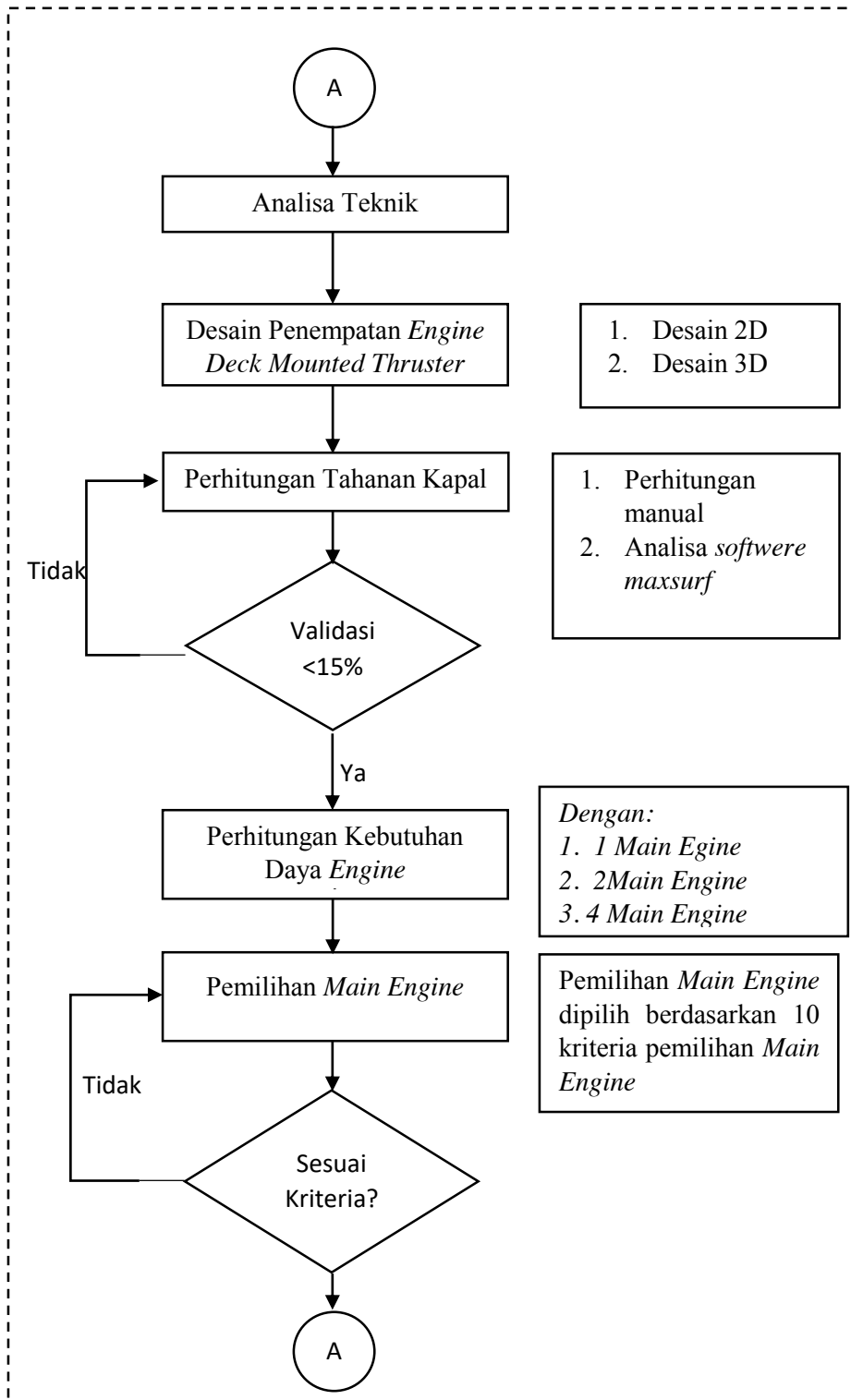
Setelah dilakukan analisa teknis, tahapan selanjutnya untuk menyelesaikan skripsi ini yaitu melakukan analisa ekonomi dari perancangan *deck mounted thruster* pada kapal ro-ro *barge* ini. Analisa ekonomi yang dilakukan berupa perhitungan sederhana mencakup perhitungan biaya investasi (BI) dan biaya operasional. Biaya operasional meliputi perhitungan biaya konsumsi bahan bakar dan biaya pemeliharaan. Selain dua hal tersebut dilakukan pula perhitungan *present value* sampai tahun ke-30.

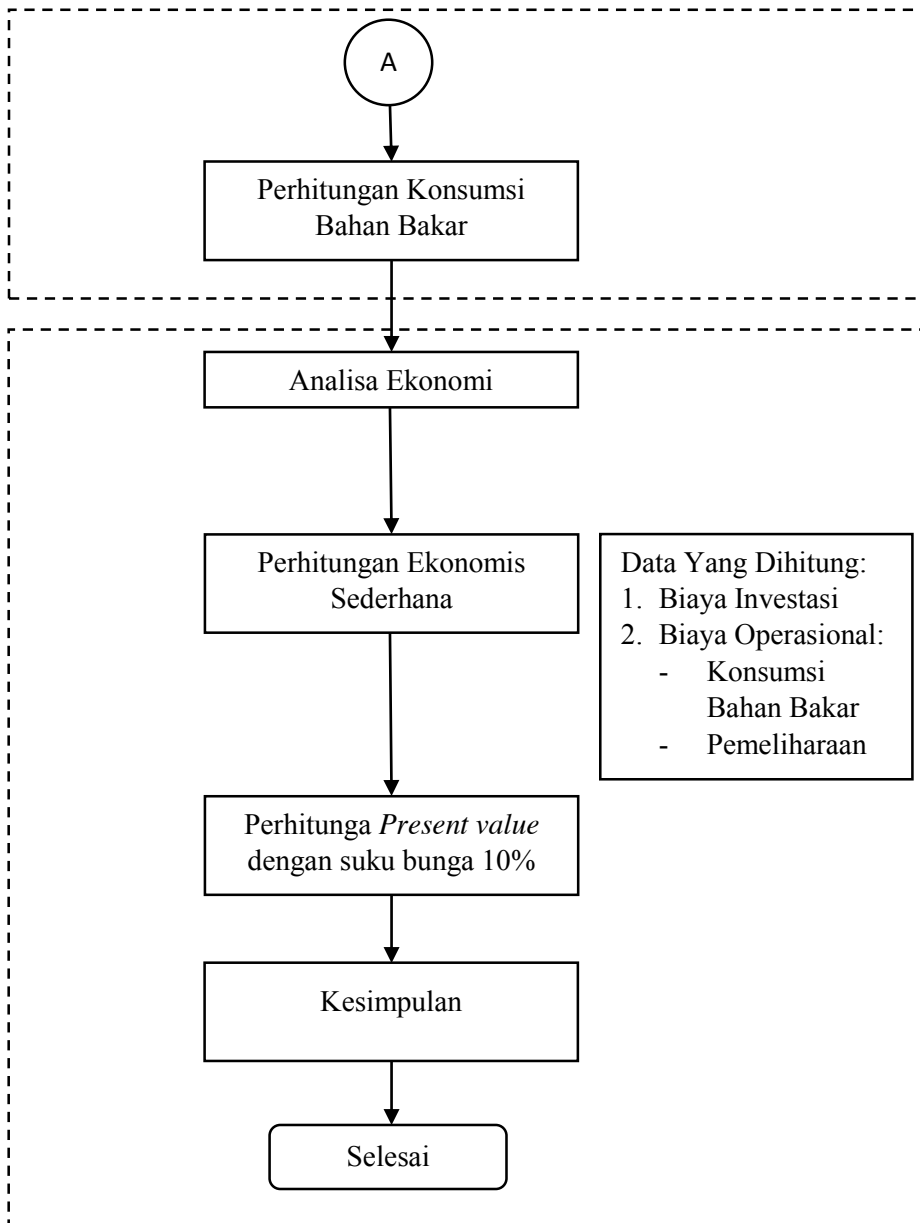
11. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran dilakukan setelah semua tahapan – tahapan diatas selesai dilakukan. Kesimpulan sendiri mengacu pada awal tujuan penulisan tugas akhir ini, sedangkan saran merupakan acuan apakah penulisan skripsi ini nantinya bisa diteruskan atau tidak.

3.2 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir







Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Sungai

Data sungai yang diambil untuk penelitian ini yaitu Sungai Puting. Sungai Puting merupakan salah satu anak sungai Barito yang terletak di desa Sungai Puting, kecamatan Candi Laras Utara, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Sungai puting merupakan pemisah antara Desa Sungai Puting ke arah Marabahan dengan Desa Sungai Puting ke arah Margasari, Kabupaten Tapin. Jalur ini merupakan jalur poros tengah yang menghubungkan Provinsi Kalimantan Selatan dan Provinsi Kalimantan Tengah. Untuk menghubungkan antar daerah yang terpisah hanya dapat dilakukan dengan menggunakan kapal penyebrangan yang jumlahnya sangat sedikit, padahal jika dihitung berdasarkan kondisi dilapangan untuk sekali menyebrang hanya membutuhkan waktu kurang dari 5 menit. Kondisi sungai Puting selain sebagai akses penyebrangan yaitu sebagai jalur lalu lintas kapal perusahaan batu bara untuk mengeluarkan batu bara dari penggalian menuju sungai Barito, hal ini yang menyebabkan belum adanya alternatif lain untuk akses kedua desa tersebut. Berikut merupakan data Sungai Puting berdasarkan survei bathrimetri dan hidro-oceanografi PT.Mucindo Prakasa (2013):

Nama	: Sungai Puting
Koordinat	: E 267189,905 – N 9675382,346 (UTM 50 S)
Lebar	: 50 meter
Kedalaman	: 3 meter
Pasang Surut	: - Maksimum : 1,75 meter - Minimum : 0,64 meter



Gambar 4.1 Peta Lokasi Sungai Tampak Atas



Gambar 4.2 Keadaan Di Tepi Dermaga Penyebrangan

Berdasarkan informasi dari survei tersebut, kapal paling besar yang melintasi sungai tersebut yaitu kapal tongkang milik PT.Antang Gunung Mereatu (AGM) dengan dimensi LOA 54,86 meter, Lebar 13,1 meter, Sarat air 3,35 (diizinkan 2,8 m).

4.2 Data Ukuran Utama Kapal

Dalam pengerjaan skripsi ini data-data utama kapal yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Ukuran Utama Kapal

Jenis kapal	: Ro – Ro Barge
LPP	: 15 meter
Lwl	: 15.45 meter
LOA (Open Ramp)	: 27 meter
B	: 7 meter
H	: 2.1 meter
T	: 1.5 meter
Cb	: 0.88
Vs	: 9 knot
Cbwl	: 0.87
Cp	: 0.8
Cm	: 1
Lcb	: 0 tepat di midship

4.3 Desain Kapal Ro-Ro Barge

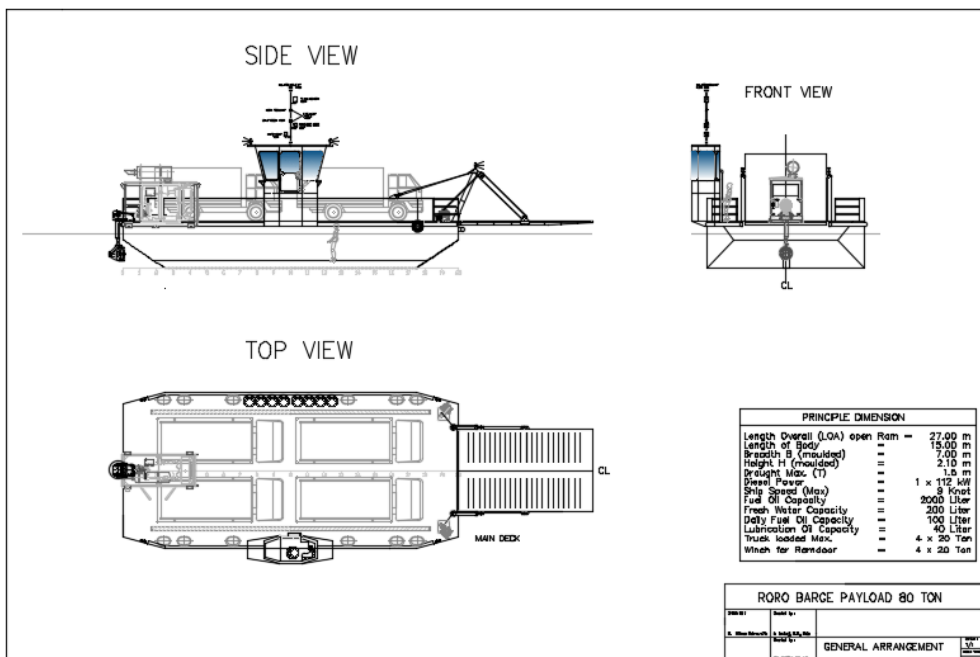
Gambaran desain merupakan suatu aspek yang sangat dibutuhkan untuk menentukan gambaran awal perencanaan kapal. Desain harus memiliki kesinambungan dengan daerah operasionalnya, hal ini dimaksudkan agar pada saat proses desain dilakukan tidak terjadi kekeliruan yang berakibat fatal pada proses perencanaan. Sebagai contoh, tidak mungkin kapal akan didesain dengan syarat air 4 meter sedangkan kedalaman daerah operasional hanya 3 meter. Dalam analisa tugas

akhir ini telah ditentukan daerah operasional kapal yaitu di Sungai Puting, Kalimantan Selatan.

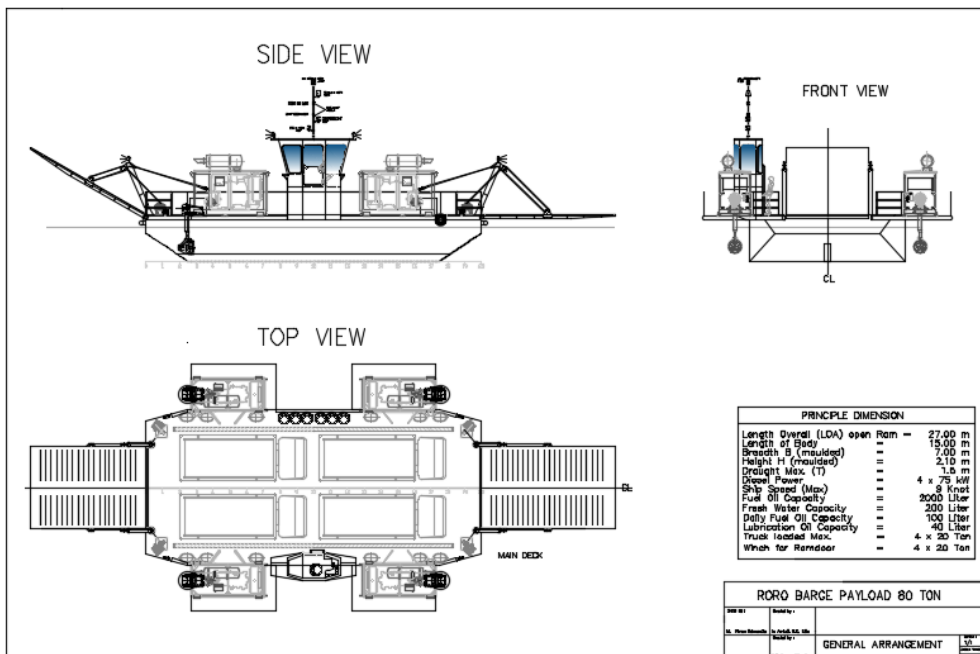
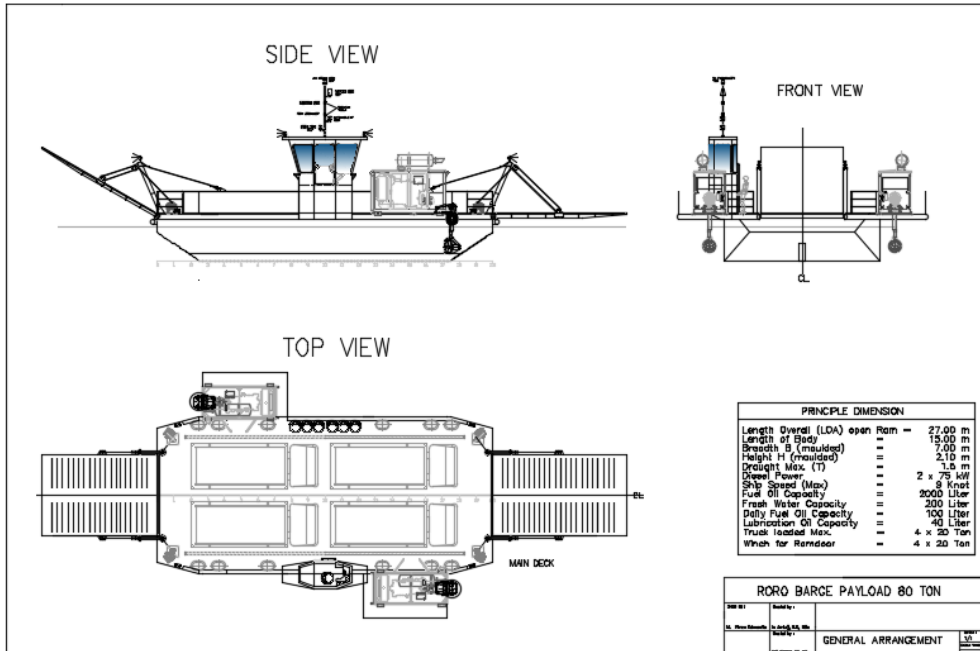
Langkah pertama untuk proses desain ini yaitu berupa desain 2D yang menampilkan bentuk lambung dalam bentuk *longitudinal section* dan *transverse section* sesuai dengan ukuran utama kapal. Setelah dilakukan proses desain 2D, selanjutnya yaitu proses desain 3D untuk mendapatkan koreksi gambaran desain 2D dari lambung kapal yang sudah di desain. Hasil dari desain 3D berupa gambaran kondisi real kapal yang dirancang atau bisa disebut sebagai desain *final* dari kapal tersebut. Desain 3D inilah yang nantinya akan dianalisa untuk mendapatkan nilai tahanan sebagai data penelitian ini.

4.3.1 Desain 2D

Dalam proses desain 2D peletakan engine ini digunakan software AutoCAD. Desain 2D merupakan penggambaran ukuran utama kapal yang direncanakan dan dijadikan acuan sebagai gambar pengengajaan dilapangan. Desain ini dilihat berdasarkan berbagai macam sudut pandang kapal yaitu berupa gambar tampak atas, tampak samping, tampak depan dan tampak belakang. Ukuran utama kapal pada perancangan sesuai dengan apa yang dijelaskan pada tabel 4.1. Berikut merupakan desain 2D dari kapal Ro-ro *Barge* yang akan didesain:

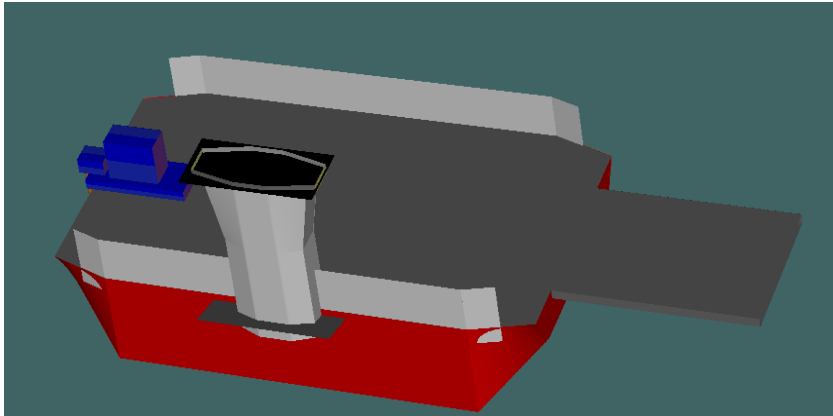


Gambar 4.3 Desain 2D Kapal Dengan Satu *Main Engine*

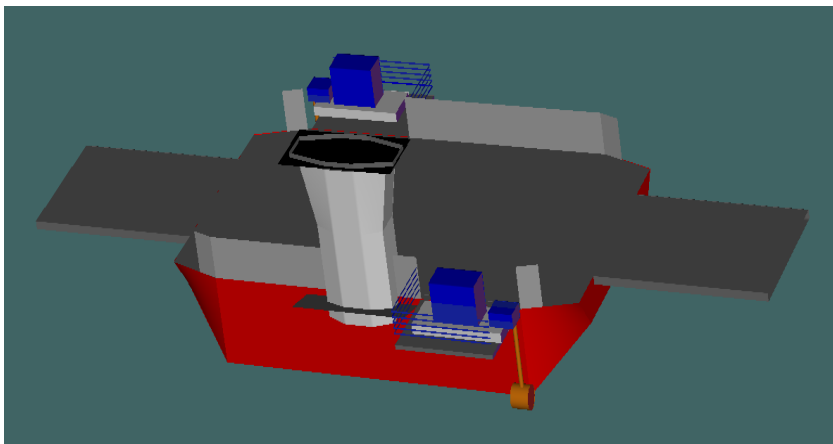


4.3.2 Desain 3D

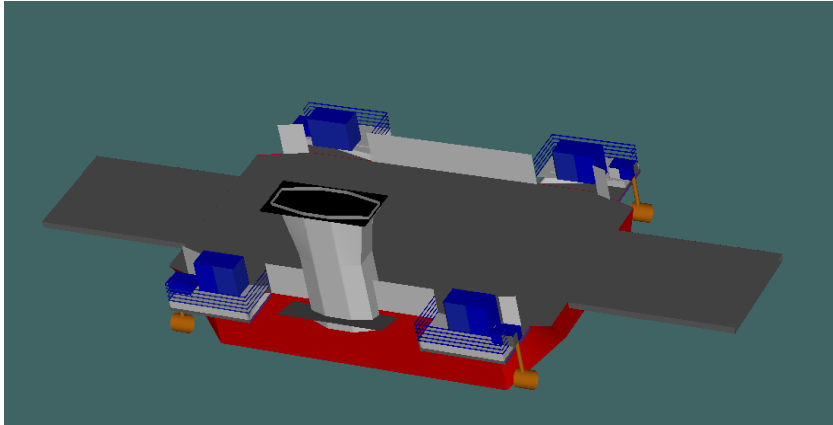
Untuk desain 3D pada kapal yang akan dianalisa, penggambaran dilakukan dengan menggunakan *software maxsurf pro*. Desain 3D merupakan proses lanjutan dari desain 2D, dimana tampilan yang dihasilkan berupa gambaran *real* dari lambung kapal yang didesain. Desain 3D sangat dipengaruhi oleh desain 2D yang sudah didesain sebelumnya, maka apabila terjadi kesalahan dalam proses desain gambar 2D akan sangat berpengaruh terhadap desain 3D yang dihasilkan. Hal ini sangat penting untuk diperhatikan karena kesalahan tersebut akan mempengaruhi kondisi *real* kapal yang ddirancang. Berikut merupakan desain 3D yang menggunakan *software maxsurf pro*:



Gambar 4.6 Desain 3D Kapal Dengan Satu *Main Engine*



Gambar 4.7 Desain 3D Kapal Dengan Dua *Main Engine*



Gambar 4.8 Desain 3D Kapal Dengan Empat *Main Engine*

4.4 Perhitungan Tahanan Kapal

Perhitungan tahanan kapal untuk menyelesaikan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop. Perhitungan sendiri dilakukan sebagai acuan dasar seberapa besar tahanan kapal yang ditimbulkan, dimana nantinya besaran tahanan kapal ini akan berpengaruh juga kepada besarnya daya *engine* yang dibutuhkan untuk kapal. Untuk mendapatkan tahanan total kapal dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_{total} = R_f (1 + k_1) + R_{app} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a$$

- R_f : Tahanan gesek
- R_{app} : Tahanan tambahan
- R_w : Tahanan gelombang
- R_b : Tahanan tambahan dari *Bulbous Bow*
- R_{tr} : Tahanan tambahan *transom*
- R_a : Tahanan model *ship correlation*

Guna mendapatkan perhitungan tahanan total dari kapal diperlukan data-data lainnya. Berikut merupakan beberapa data yang diperlukan.

- **Displacement kapal (Δ)**
 $\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_{bw}$
 $= 15,45 \times 7 \times 1,5 \times 0,87$
 $\Delta = 144,20 \text{ ton}$
- **Volume Displacement Kapal (∇)**
 $\nabla = L_{wl} \times B \times T \times C_{bw} \times \rho$
 $= 15,45 \times 7 \times 1,5 \times 0,87 \times 1,025$
 $\nabla = 140,68 \text{ m}^3$
- **Bilangan Froud Number (F_n)**

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \times L}}$$

$$= \frac{4,63}{\sqrt{9,81 \times 15,45}}$$

$$Fn = 0,376$$

dimana: $Vs = \text{m/s}$
 $g = \text{m/s}^2$
 $L = Lwl \text{ (m)}$

- **Bilangan Reynold Number (Rn)**

$$Rn = (Vs \times Lwl) / \nu$$

$$= (4,63 \times 15,45) / 1,1883 \times 10^{-6}$$

$$Rn = 60192982$$

dimana: $\nu \text{ kinematis} = \text{m/s}^2$

- **Koefisien Tahanan Gesek (Cf)**

$$Cf = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$Cf = \frac{0,075}{(\log 60192982 - 2)^2}$$

$$Cf = 0,002245297$$

- **Tahanan Gesek (Rf(1+K1))**

Berdasarkan perhitungan maka didapatkan nilai tahanan gesek sebesar

$$Rf(1+K1) = 0,5 \times \rho \times Cf \times S \times Vs^2$$

$$Rf = 0,5 \times \rho \times Cf \times S \times Vs^2 \times (1+K1)$$

$$Rf = 0,5 \times 1,025 \times 0,002245297 \times 135,2297762 \times (4,63)^2 \times 1,76$$

$$Rf = 5,88 \text{ KN}$$

Dalam menghitung tahanan gesek dengan metode Holtrop ada beberapa parameter perhitungan yang harus dipenuhi sesuai dengan rumus dari tahanan total kapal. Untuk mendapatkan nilai Rf maka dilakukan perincian hitungan sebagai berikut:

➤ **Menghitung Length Of Run (LR)**

$$LR = L \left[\frac{(1-Cp) + (0,06 \times Cp \times Lcb)}{(4Cp - 1)} \right], \text{ dimana: } L = Lwl$$

$$LR = 15,45 \left[\frac{(1-0,8) + (0,06 \times 0,8 \times 0)}{(4(0,8) - 1)} \right] \quad Lcb = 0 \text{ (tepat di midship)}$$

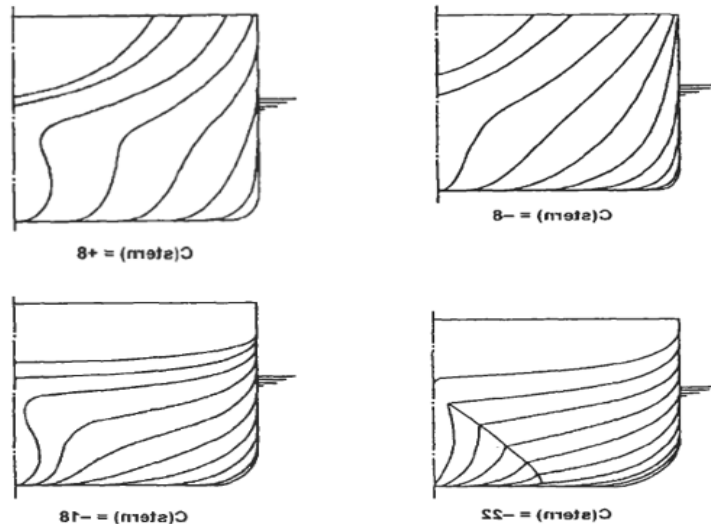
$$LR = 1,4 \text{ m}$$

➤ **Menghitung faktor C14**

Untuk mendapatkan nilai C14 dilakukan perhitungan dengan formula:

$$C14 = 1 + 0,011 \times Cstern$$

Dimana nilai Cstern didapatkan berdasarkan bentuk dari *body plan* kapal yang akan dirancang



Gambar 4.9 Body Plan Nilai Cstern

C_{stern} = -25 to -20 *barge shaped forms*
 = -10 *after body with V section*
 = 0 *normal shape of after body*
 = +10 *after body with U section*

sehingga dipilih C_{stern} dengan nilai 0, kemudian dilakukan perhitungan dengan formula yang sudah ada

$$C_{14} = 1 + 0,011 \times C_{stern}$$

$$C_{14} = 1 + 0,011 \times 0$$

$$C_{14} = 1$$

➤ Menghitung Form Factor ($1+K_1$)

Untuk mendapatkan nilai dari *form factor* dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$1+K = 0,93 + (0,487118 \times (C_{14}) \times (B/L)^{1,06806} \times (T/L)^{0,46106} \times (L/L_R)^{0,121563} \times (L^3/\nabla)^{0,36486} \times (1-CP)^{-0,604247})$$

$$1+K = 0,93 + (0,487118 \times (1) \times (7/15,45)^{1,06806} \times (1,5/15,45)^{0,46106} \times (15,45/1,36)^{0,121563} \times (15,45^3/140,68)^{0,36486} \times (1-0,8)^{-0,604247})$$

$$1+K = 1,76$$

Luas Permukaan Basah (S)

$$S = L(2T+B)\sqrt{C_m(0,453 + 0,4425C_{bw1} - 0,2862C_m - 0,003467 B/T + 0,3696 C_{wp}) + 2,38 Abt/C_b}$$

$$S = 15,45(2(1,5)+7)\sqrt{1(0,453 + 0,4425(0,87) - 0,2862(1) - 0,003467(7/1,5) + 0,3696(0,92)) + 2,38 (0/0,87)}$$

$$S = 135,2297762 \text{ m}^2$$

dimana nilai $Abt = 0$ dikarenakan kapal tidak menggunakan bulbosbow).

• **Tahanan Tambahan (R_{app})**

Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai tahanan tambahan sebesar

$$R_{app} = 0,5 \times \rho \times V_s^2 \times S_{APP} \times (1+K_2)_{eq} \times C_f$$

$$R_{app} = 0,5 \times 1,025 \times (4,63)^2 \times 0,60834375 \times 0,912516 \times 0,002245297$$

$$R_{app} = 0,02 \text{ KN}$$

Adapun rincian perhitungannya sebagai berikut:

➤ **Luasan Permukaan Basah Kapal (S_{APP}) Tambahan**

Mengacu pada BKI *volume II, rules for hull construction 2006 section 14*, luas tambahan permukaan basah kapal (S_{APP}) didapatkan nilainya dengan rumus berikut:

$$S_{APP} = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times (1,75 \times L \times T / 100)$$

$$S_{APP} = 1 \times 1 \times 1 \times 1,5 \times (1,75 \times 15,45 \times 1,5 / 100)$$

$$S_{APP} = 0,60834375 \text{ m}^2$$

dimana,

Tabel 4.2 Penentuan Nilai C_1 , C_2 , C_3 dan C_4

No	C1 (Untuk Faktor Tipe Kapal)	C2 (Untuk Faktor Tipe Ruddder)	C3 (Untuk Faktor profil Rudder)	C4 (Untuk Faktor perencanaan Rudder)
1	Bernilai 1 untuk kapal umum	Bernilai 1 untuk bentuk umum	Bernilai 1 untuk NACA-profil dan plat rudder	Bernilai 1 untuk kemudi dibelakang propeller
2	Bernilai 0.9 untuk bulk carrier dan tanker dengan displacement ≥ 50000 ton	Bernilai 0.9 untuk bentuk spade rudder	Bernilai 0.8 untuk hollow profil	Bernilai 1.5 untuk kemudi yang berfungsi sebagai propulsor
3	Bernilai 1,7 untuk tug boat dan trawler	Bernilai 0.8 untuk bentuk double rudder	-	-
4	-	Bernilai 0.7 untuk high lift rudder	-	-

melihat ketentuan yang sudah ditetapkan, maka didapatkan nilai C sebagai berikut:

$$C_1 = 1,0 \text{ Kapal umum dan } \Delta < 50.000 \text{ ton}$$

$$C_2 = 1,0 \text{ Tipe kemudi kapal umum}$$

$$C_3 = 1,0 \text{ Profil NACA dan kemudi plat}$$

$$C_4 = 1,5 \text{ Kemudi yang berfungsi sebagai propulsor}$$

➤ **Nilai $(1+k_2)_{eq}$**

Perhitungan nilai $(1+k_2)_{eq}$ mengacu pada rumus:

$$(1+K_2)_{eq} = \frac{\sum (1+K_2) S_{APP}}{\sum S_{APP}}$$

$$(1+K_2)_{eq} = 1,5$$

$$(1+K_2)_{eq} = \frac{\sum (1,5) 0,60834375}{\sum 0,60834375}$$

$$(1+K_2)_{eq} = 0,912516$$

Dimana,
(1+K₂) berdasarkan tabel berikut:

Tabel 4.3 Nilai dari 1+K₂

Approximate 1 + K ₂ Values		
No	Item	Values
1	Rudder	1.5 –
	Behind Skeg	2.0
2	Rudder	1.3 –
	Behind Stern	1.5
3	Twin-screw	
	Balance Rudder	2,8
4	Shaft	
	Bracket	3
5		1.5 –
	Skeg	2.0
6	Strut	
	Bossing	3
7	Hull Bossing	2
8		2.0 –
	Shafts	4.0
9	Stabilizer	
	Fins	2,8
10	Dome	2,7
11	Bilge Keels	1,4

- **Tahanan Gelombang (R_w)**

Dalam menghitung tahanan gelombang dengan metode J. Holtrop didapatkan berdasarkan rumus:

$$R_W = C_1 \times C_2 \times C_5 \times \nabla \times \rho_{Air Laut} \times \exp\{m_1 \times Fn^d + m_2 \times \cos(\lambda \times Fn^{-2})\}$$

$$R_W = 0,47 \times 1 \times 1 \times 140,68 \times 1,025 \times \exp\{0,56 \times 2,41 + (-0,53) \times \cos(1,09 \times 7,07)\}$$

$$\mathbf{R_w = 2396\ N = 2,4\ kN}$$

Adapun rincian perhitungannya sebagai berikut:

➤ **Nilai C₁**

Nilai C₁ didapatkan berdasarkan formula:

Tabel 4.4 Formula Range Penentuan Nilai C7

Approximate C7 Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_7 = 0.229577(B/Lwl)^{0.33333}$	$B/Lwl < 0.11$
2	$C_7 = B/Lwl$	$0.11 < B/Lwl < 0.25$
3	$C_7 = 0.5 - (0.0625 \times \frac{B}{Lwl})$	$B/Lwl > 0.25$

$$C_1 = [0,5(0,0625 \times (B/L))]$$

$$C_1 = [0,5(0,0625 \times (7/15,45))]$$

$$C_1 = 0,47$$

dimana,

$$C_7 = B/L$$

$$C_7 = 7/15,45$$

$$C_7 = 0,45$$

$$C_7^{3,78613} = (0,47)^{3,78613} = 0,05$$

$$(T/B)^{1,07961} = (1,5 / 7)^{1,07961} = 0,19$$

$$iE = 0,5 \text{ dari } iE \text{ (sudut masuk)}$$

$$iE = 17 / 2 = 8,5$$

$$(90 - ie)^{-1,37565} = (90 - 8,5)^{-1,37565} = 0,00235$$

➤ Nilai C₂

Untuk mendapatkan nilai C₂ sebelumnya harus didapatkan terlebih dahulu nilai dari C₃, dimana nilai C₃ berkaitan dengan ada atau tidaknya *bulbous bow* pada kapal. Dalam penelitian ini kapal yang didesain tidak menggunakan *bulbous bow*, sehingga C₃ memiliki nilai 0. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai C₂ sebagai berikut:

$$C_2 = \text{EXP}(-1,89 \times ((C_3)^{0,5}))$$

$$C_2 = 1$$

dimana,

A_{BT} = Luasan penampang melintang bulb = 0 m² (tidak menggunakan Bulbous bow)

TF = Sarat pada haluan = 1,50 m

Hb = Tinggi pusat vertikal bulb dari base line (Tidak memakai bulb maka

nilainya) = 0, batas nilai bawah Hb = 0,6 x Tf

B = Lebar kapal = 7,00 m

T = Sarat muat penuh kapal = 1,50 m

➤ **Nilai Lamda (λ)**

Nilai lamda didapatkan berdasarkan rumus berikut:

Tabel 4.5 Formula Range Penentuan Nilai Lamda

Approximate λ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 Lwl/B$	$Lwl/B < 12$
2	$\lambda = 1.446 C_p - 0.36$	$Lwl/B > 12$

$$\lambda = (1,446 \times C_p) - (0,03 \times (L/B))$$

$$\lambda = (1,446 \times 0,8) - (0,03 \times (15,45/7))$$

$$\lambda = 1,09$$

➤ **Nilai M_1**

Untuk mendapatkan nilai dari m_1 perlu dilakukan perhitungan dari C_{16} . C_{16} sendiri dihitung dengan menggunakan rumus:

Tabel 4.6 Formula Range Penentuan Nilai C_{16}

Approximate C_{16} Values		
No	Nilai	Ketika
1	$c_{16} = (8.07981 \times C_p) - (13.8673 \times C_p^2) + 6.984388 \times C_p^3$	$C_p < 0.8$
2	$c_{16} = 1.73014 - 0.7067 C_p$	$C_p > 0.8$

$$C_{16} = ((8,07981 \times C_p) - (13,8673 \times C_p^2)) + (6,984388 \times C_p^3)$$

$$C_{16} = ((8,07981 \times 0,8) - (13,8673 \times 0,8^2)) + (6,984388 \times 0,8^3)$$

$$C_{16} = 1,16$$

$$M_1 = ((0,0140407 \times (L/T) - (1,75254 \times (\nabla^{1/3}/L))) + ((4,79323 \times (B/L)) - C_{16}))$$

$$M_1 = ((0,0140407 \times (15,45/1,5) - (1,75254 \times (5,2/15,45))) + ((4,79323 \times (7/15,45)) - 1,16))$$

$$M_1 = 0,56$$

➤ **Nilai M_2**

Untuk mendapatkan nilai dari M_2 harus didapatkan terlebih dahulu nilai dari C_{15} . Nilai dari C_{15} didapatkan berdasarkan table *range* penentuan nilai C_{15} yaitu -1,69385.

Tabel 4.7 Formula Range Penentuan Nilai C_{15}

Approximate C_{15} Values		
No	Nilai	Ketika
1	$C_{15} = -1.69385$	$L^3/\nabla \leq 512$
2	$C_{15} = 0.0$	$L^3/\nabla \geq 1727$
3	$C_{15} = -1.69385 + (\frac{Lwl}{\nabla^3} - 8)/2.36$	$512 < L^3/\nabla < 1727$

$$C_{15} = -1,69385$$

$$M_2 = (C_{15} \times C_p^2 \times \text{EXP}(-0,1 \times F_n^2))$$

$$M_2 = ((-1,69385) \times 0,8^2 \times \text{EXP}(-0,1 \times 0,382^2))$$

$$M_2 = ((-1,69385) \times 0,64 \times \text{EXP}(-0,1 \times 7,07))$$

$$M_2 = -0,534495$$

➤ **Nilai C_5**

$$C_5 = (1 - ((0,8 \times A_T)/(B \times T \times C_m)))$$

$$C_5 = (1 - ((0,8 \times 0)/(7 \times 1,5 \times 1)))$$

$$C_5 = 1$$

dimana, A_T = Luasan transom (m^2)

- **Tahanan Tambahan Dari *Bulbous Bow* (R_b)**

Untuk mendapatkan nilai tahanan tambahan dari *bulbous bow*, dicari berdasarkan formula:

$$R_B = 0.11 \exp(-3P_B^{-2}) F_{ni}^3 \times A_{BT}^{1.5} \times P_B \times g / (1 + F_n^2)$$

$$P_B = 0.56 \times \sqrt{A_{BT}} / (T_F - 1.5 \times h_B)$$

$$F_{ni} = \frac{V_s}{\sqrt{g(T_f - h_B - 0.25 \sqrt{A_{BT}}) + 0.15 \times V_s^2}}$$

Dalam perancangan pada lines plan kapal yang dirancancang tidak menggunakan *bulbous bow* sehingga nilai R_b yaitu 0

- **Tahanan Tambahan Dari *Transom* (R_{tr})**

Untuk mendapatkan tahanan tambahan dari *transom*, dapat menggunakan formula:

$$R_{TR} = 0.5 \times \rho_{Air} \times V_s^2 \times A_T \times C_6$$

$$F_{nT} = \frac{V_s}{\sqrt{2 \times g \times A_T / (B + B \times C_{wp})}}$$

Transom pada kapal yang di rancang luas permukaannya berada diatas permukaan air sehingga nilai dari R_{tr} yaitu 0

- **Tahanan *Model Ship Correlation* (R_a)**

Untuk mendapatkan nilai dari tahanan *model ship correlation* (nilai koreksi yang berhubungan dengan model kapal) metode J. Holtrop dengan menggunakan rumus:

$$R_a = 0,5 \times \rho \times V_s^2 \times S \times C_A$$

$$R_a = 0,5 \times 1,025 \times 4,63^2 \times 135,2297762 \times 0,0008$$

$$R_a = 1,12$$

Berikut merupakan langkah yang dilakukan untuk mendapatkan nilai dari R_a :

➤ **Nilai C₄**

Tabel 4.8 Formula Range Penentuan Nilai C₄

Approximate c ₄ Values		
No	Nilai	Ketika
1	$c_4 = T_F/Lwl$	$T_F/Lwl \leq 0.04$
2	$c_4 = 0.04$	$T_F/Lwl > 0.04$

Nilai C₄ didapatkan berdasarkan nilai tabel range penentuan nilai C₄ sehingga didapatkan nilai dari C₄ adalah 0,04

➤ **Nilai C_A**

$$C_A = ((0,006 \times (Lwl + 100)^{-0,16}) - 0,00205 + (0,003 \times (Lwl/7,5)^{0,5} \times C_{bw}^{1,4} \times (C_2 \times (0,04 - C_4))))$$

$$C_A = (((0,006 \times (15,45 + 100)^{-0,16}) - 0,00205 + (0,003 \times (15,45/7,5)^{0,5} \times 0,87^4 \times (1 \times (0,04 - 0,04))))$$

$$C_A = 0,0008$$

• **Tahanan Total Kapal (R_T)**

$$R_{total} = R_f (1 + k_1) + R_{app} + R_w + R_b + R_{tr} + R_a$$

$$R_{total} = 5,88 + 0,02 + 2,4 + 0 + 0 + 1,12$$

$$R_{total} = 9,42 \text{ kN}$$

dimana,

RF	=	5,88	kN
RAPP	=	0,02	kN
RW	=	2,4	kN
RB	=	0,00	kN
RTR	=	0,00	kN
RA	=	1,12	kN

• **Tahanan Dinas Kapal (R_{TS})**

Nilai tahanan total diatas merupakan nilai tahanan total dalam pelayaran percobaan, sedangkan tahanan dinas kapal merupakan tahanan dengan area pelayaran yang *real*. Untuk kondisi tertentu, pelayaran dinas harus diberikan kelonggaran tambahan pada tahanan dan daya efektif. Kelonggaran rata – rata untuk pelayaran dinas sendiri disebut dengan *sea margin / service margin*. Rata – rata area pelayaran di Indonesia sendiri berkisar 15% - 20%, untuk asumsi penambahan pada penelitian ini digunakan rata – rata yang paling besar yaitu 20%, sehingga:

$$R_t \text{ dinas} = (1 + 20\%) \times R_T$$

$$R_t \text{ dinas} = (1 + 20\%) \times 9,42 \text{ kN}$$

$$R_t \text{ dinas} = 11,30 \text{ kN}$$

4.5 Anallisa *Hull Speed*

Dalam melakukan analisa *hull speed* prosesnya yaitu menggunakan *software*. Adapun *software* yang digunakan adalah maxsurf resistance. *Software* ini dapat menganalisa bagaimana perbandingan antara *power* pada kapal dengan tahanan dari kapal yang akan dianalisa. Kapal yang akan dianalisa mengacu pada desain 3D yang sudah di buat sebelumnya. Proses analisa sendiri yaitu menghitung besarnya tahanan lambung kapal yang tercelup di dalam air. Selain mendapatkan nilai tahanan pada lambung kapal, *software* ini dapat menampilkan gambaran aliran air yang ditimbulkan oleh kapal tersebut. Dalam analisa ini kecepatan kapal yang diambil yaitu kecepatan dinas ketika kapal sedang beroperasi.

Hasil dari analisa *hull speed* nantinya akan dijadikan perbandingan validasi data antara perhitungan *software* dan perhitungan rumus. Kecepatan yang dijadikan acuan pada proses *running software* yaitu 9 knot. Pada paragraf sebelumnya sudah dijelaskan bahwa *software* ini tidak hanya menghitung tahanan dari lambung kapal saja, tetapi power dari kapal juga akan diketahui, akan tetapi power pada analisa *software* yaitu berupa *EHP* (*Effective Horse Power*) sehingga untuk mendapatkan *power* sesungguhnya harus dilakukan perhitungan dengan merubah *EHP* menjadi *BHP* (*Brake Horse Power*) yaitu merubah efisiensi dari *power* yang didapat. Dalam analisa ini efisiensi tersebut bernilai 85%. Berikut merupakan hasil *running software* maxsurf resistance:

Tabel 4.9 Hasil Analisa Tahanan Dengan Menggunakan *Software Maxsurf Resistance*

Speed (knts)	Resistance (kN)	Power (kW)	Speed (knts)	Resistance (kN)	Power (kW)
7	7	25,091	8,05	9,2	38,083
7,05	7	25,532	8,1	9,4	38,971
7,1	7,1	25,986	8,15	9,5	39,884
7,15	7,2	26,451	8,2	9,7	40,822
7,2	7,3	26,93	8,25	9,8	41,78
7,25	7,4	27,423	8,3	10	42,758
7,3	7,4	27,93	8,35	10,2	43,751
7,35	7,5	28,452	8,4	10,4	44,757
7,4	7,6	28,992	8,45	10,5	45,772
7,45	7,7	29,549	8,5	10,7	46,793
7,5	7,8	30,125	8,55	10,9	47,817
7,55	7,9	30,723	8,6	11	48,84
7,6	8	31,341	8,65	11,2	49,861
7,65	8,1	31,984	8,7	11,4	50,877
7,7	8,2	32,65	8,75	11,5	51,886
7,75	8,4	33,343	8,8	11,7	52,888
7,8	8,5	34,062	8,85	11,8	53,88
7,85	8,6	34,81	8,9	12	54,863
7,9	8,8	35,585	8,95	12,1	55,837
7,95	8,9	36,389	9	12,3	56,803
8	9	37,222			

Dalam *running software* metode perhitungan yang dimasukan sama dengan metode perhitungan rumus yaitu metode Holtrop, berikut hasil *running software* maxsurf resistance dengan kecepatan dinas yang dijadikan acuan pada pengerjaan tugas akhir ini:

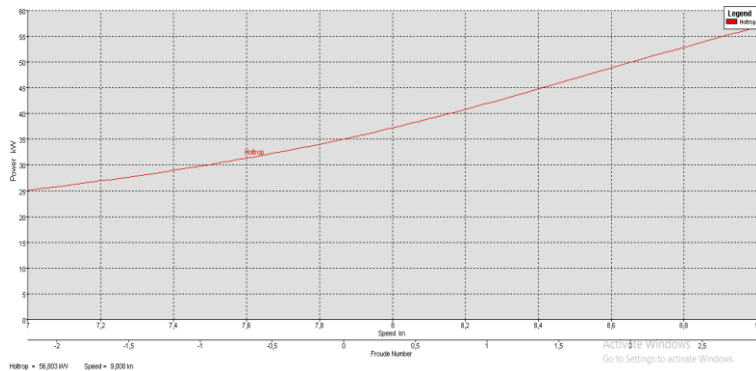
VS = 9 knot
 Rt = 12,3 kN
 BHPscr = 56,803 kW

Karena BHP yang dihasilkan dari software masih berupa BHPscr, maka harus dihitung BHPmcr sebagai berikut dengan nilai efisiensi sebesar 85%:

$$\begin{aligned} \text{BHPmcr} &= \frac{\text{BHPscr}}{0,85} \\ &= \frac{56,803}{0,85} \\ &= 66,827 \text{ kW} \end{aligned}$$

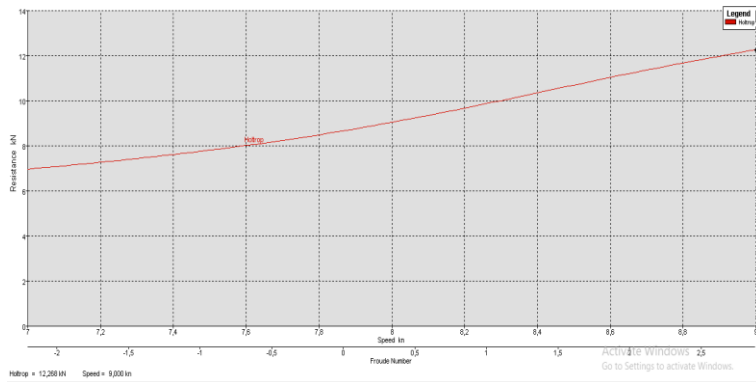
Nilai BHPmcr ini tidak dijadikan acuan untuk pemilihan engine, nilai yang dicadkan acuan yaitu nilai yang dihitung berdasarkan hitungan rumus.

Jika melihat dari tabel 4.9 hasil analisa tersebut dapat diilustrasikan ke dalam sebuah tampilan grafik. Grafik yang dapat dilihat dari hasil analisa tersebut yaitu berupa grafik perbandingan *power* dengan *speed* dan grafik *resistance* dengan *speed*. Di bawah ini merupakan tampilan grafik yang dihasilkan:



Gambar 4.10 Grafik Perbandingan *Power* dan *Speed*

Jika melihat grafik diatas dapat disimpulkan bahwa *power* dan *speed* berbanding lurus, sehingga setiap ada kenaikan *speed* maka *power* yang dihasilkan juga akan semakin besar.



Gambar 4.11 Grafik Perbandingan *Resistance* dan *Speed*

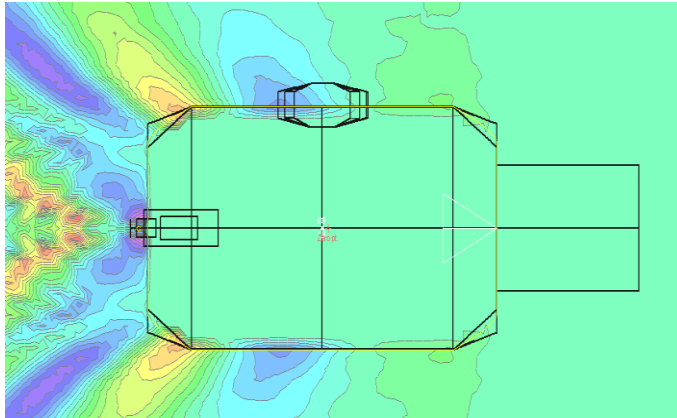
Berdasarkan grafik pada gambar 4.11 menunjukkan bahwa *resistance* dan *speed* berbanding lurus, dimana setiap kenaikan *speed* maka akan diikuti oleh kenaikan *resistance* yang lebih besar.

Selanjutnya, *software maxsurf resistance* dapat menampilkan gambaran aliran gelombang yang dihasilkan oleh kapal ketika kapal itu beroperasi. Untuk menampilkannya harus dilakukan proses *running* terlebih dahulu sesuai dengan kecepatan operasi kapal yang diinginkan. Pada analisa ini digunakan kecepatan dinas yaitu 9 knot. Gambaran gelombang yang ditimbulkan kapal ini berguna untuk menunjukkan apakah air laut dari gelombang kapal itu akan masuk ke geladak kapal atau tidak. Adapun langkah awalnya adalah sebagai berikut:

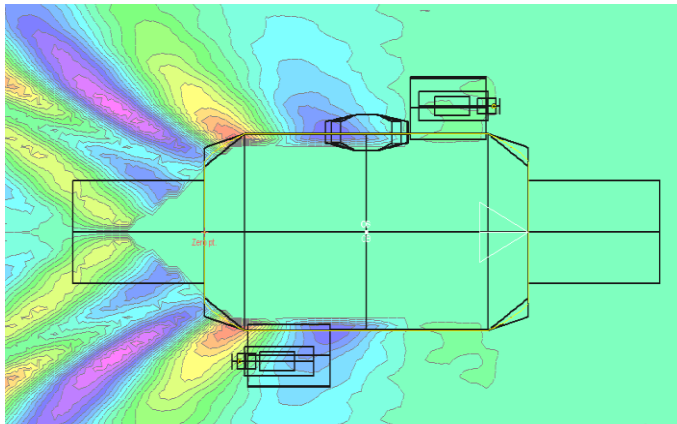
The screenshot shows the 'Free surface calculation parameters' dialog box. The 'Speed' is set to 9 kn, resulting in a 'Froude No.' of 0,382. Under the 'Free surface grid' section, the 'Mirror' checkbox is checked. The 'Aft' parameter is set to 4, 'Port' to 2, 'Stbd' to 2, and 'Long. grid points' to 200. The 'num. vessel lengths' is set to 1, and 'Trans. grid points' is set to 100. The 'Integration precision' is 90001 and 'Vertical exaggeration' is 1. The 'OK' button is highlighted.

Gambar 4.12 *Free Surface Calculation Parameters*

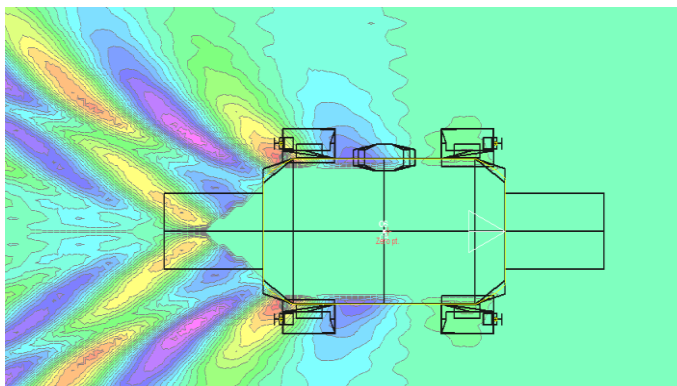
Pada menu *free surface calculation parameters* masukan data kecepatan dinas yang ingin dianalisa gelombangnya. Pada penelitian ini diambil 9 knot dan hasil *froude number* yang ditunjukkan oleh *software* yaitu 0,382. Hasil gambaran gelombang yang ditimbulkan sebagai berikut:



Gambar 4.13 Aliran Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 1 *Main Engine* Tampak Bawah



Gambar 4.14 Aliran Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 2 *Main Engine* Tampak Bawah



Gambar 4.15 Gelombang Yang Ditimbulkan Oleh Kapal Dengan 4 *Main Engine* Tampak Bawah

Pada analisa gelombang berdasarkan *software maxsurf resistance* dengan kecepatan 9 knot bisa kita tarik dugaan sementara bahwa dilihat dari semua gambar gelombang yang terjadi pada 3 penempatan *main engine* yang berbeda, terdapat gelombang yang melebihi *deck* dari kapal yang semuanya terjadi pada *deck* bagian buritan. Hal ini masih bisa ditolerir karena gelombang yang melebihi *deck* tersebut terjadi ketika *ramp door* dibuka sehingga menimpa *ramp door* tersebut, ditambah lagi posisi geladak yang datar memudahkan air untuk langsung cepat keluar kapal.

4.5.1 Validasi Nilai Tahanan

Setelah didapatkan nilai tahan kapal dari perhitungan rumus dan simulasi *software maxsurf resistance*, maka perlu dilakukan validasi antara keduanya. Validasi dilakukan dengan memberikan batasan yaitu selisih dari kedua nilai tahanan tersebut tidak boleh >15%. Berikut merupakan hasil dari validasi kedua nilai tahanan:

Tabel 4.10 Hasil Validasi Hitungan Tahanan

No	Kecepatan (knot)	Perhitungan Rumus (kN)	Maxsurf (kN)	Selisih
1	9	11,3	12,3	8,13%

Berdasarkan tabel 4.10 didapatkan nilai dari selisih antara perhitungan tahanan menggunakan rumus dan perhitungan tahanan menggunakan *Maxsurf Resistance* yaitu 8,13 %. Nilai selisih menunjukkan <15%, sehingga validasi tersebut sudah memenuhi kriteria yang diinginkan.

4.6 Pemilihan Main Engine

Pemilihan *main engine* merupakan tahapan lanjutan dari penelitian ini. Dalam bahasan sebelumnya telah didapatkan nilai dari tahanan total kapal, untuk mendapatkan besarnya daya yang dibutuhkan oleh kapal ada beberapa tahapan yang harus diketahui diantaranya EHP, DHP, SHP dan BHP. Berikut merupakan tahapan – tahapan untuk mendapatkan *main engine* yang dibutuhkan.

4.6.1 Perhitungan Kebutuhan Daya Main Engine

- **EHP (Effective Horse Power)**

EHP merupakan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan atau menarik kapal di air dengan kecepatan v . Berdasarkan perhitungan daya efektif kapal (EHP) menurut buku HARVALD, TAHANAN DAN PROPULSI KAPAL, 6.2.1 hal. 135 sebagai berikut:

$$EHP = R_t \text{ dinas} \times V_s \text{ (m/s)}$$

$$EHP = 12,3 \times 4,63$$

$$EHP = 57 \text{ kW}$$

$$EHP = 57 \times 1,34 \text{ HP}$$

$$EHP = 76 \text{ HP}$$

- **DHP (Delivery Horse Power)**

DHP merupakan besarnya daya yang diserap oleh propeller dari sistem perporosan atau besarnya daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke propeller untuk dijadikan gaya dorong (*thrust*).

$$DHP = EHP / P_c$$

Untuk nilai P_c sendiri didapatkan berdasarkan perhitungan:

$$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$$

➤ **Efisiensi Lambung (η_H)**

- *Wake Friction* (w)

Wake friction merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan air yang masuk menuju *propeller*. Dengan menggunakan tabel yang diberikan oleh Taylor maka diperoleh:

Tabel 4.11 Nilai Wake Fraction Dari Taylor

No	Block Coefficient	Wake Fraction (Taylor)	
	C_b	Twin-screw ship	Single-screw ship
1	0.5	-0.038	0.230
2	0.55	-0.021	0.234
3	0.6	+0.007	0.243
4	0.65	0.045	0.260
5	0.70	0.091	0.283
6	0.75	0.143	0.314
7	0.80	-	0.354
8	0.85	-	0.400
9	0.90	-	0.477

Pada perencanaan ini nilai $cb_{wl} = 0.87$ dan kapal yang memiliki sistim perporosan tipe single screw. Nilai cb_{wl} tersebut apabila dilihat dari tabel berada diantara $cb = 0.85$ dan $cb = 0.90$, sehingga perlu dilakukan metode interpolasi untuk mendapatkan nilai wake fraction pada $cb_{wl} = 0.71$ dengan single-screw. Adapun cara perhitungannya dijelaskan sebagai berikut :

$Cb_{wl} = 0,87$ (*single – screw ship*)

Tabel 4.12 Tabel Interpolasi Nilai w pada $Cb_{wl} 0,87$

No	(A)	(B)
	cb	w
1	0,85	0,400
2	0,87	
3	0,90	0,477

Digunan rumus interpolasi untuk mendapatkan nilai w pada $Cb_{wl} 0,87$, sehingga:

$$w = 1B + \left[\frac{(2A - 1A) \times (3B - 1B)}{3A - 1A} \right]$$

$$w = 0,4 + [(0,87 - 0,85) \times (0,477 - 0,4) / (0,9 - 0,85)]$$

$$w = 0,43$$

- Menghitung *Thrust Deduction Factor* (t)
 Nilai t didapatkan berdasarkan w yang telah diketahui yaitu:
 $t = k \times w$
 $t = 0,9 \times 0,43$
 $t = 0,39$
 nilai k berada diantara 0,7 – 0,9 (*Principal of Naval Architecture* hal 159), diambil k = 0,9.
 Maka, nilai efisiensi lambung (η_H)
 $\eta_H = (1 - t) / (1 - w)$
 $\eta_H = (1 - 0,39) / (1 - 0,43)$
 $\eta_H = 1,08$

➤ **Efisiensi Relatif Rotatif (η_{rr})**

Nilai (η_{rr}) untuk kapal dengan tipe *propeller single screw* berkisar 1,0 – 1,1 (*Principal of Naval Architecture* hal 152), maka diambil nilai (η_{rr}):
 $(\eta_{rr}) = 1,1$

➤ **Efisiensi Propulsi (η_o)**

η_o adalah *open water efficiency* yaitu efisiensi dari *propeller* pada saat dilakukan *open water test*. Nilainya antara 40 - 70%, dan diambil :
 $\eta_o = 60\%$

➤ **Coefficien Propulsif (P_c)**

$P_c = \eta_H \times \eta_{rr} \times \eta_o$
 $P_c = 1,08 \times 1,1 \times 60\%$
 $P_c = 0,710$

Sehingga didapatkan nilai DHP sebesar:

$DHP = EHP / P_c$

$DHP = 76 \text{ HP} / 0,71$

$DHP = 107 \text{ HP}$

$DHP = 80 \text{ kW}$

• **THP (*Thrust Horse Power*)**

$THP = EHP / \eta_H$

$THP = 76 / 1,08$

$THP = 70 \text{ HP}$

$THP = 52 \text{ kW}$

• **SHP (*Shaft Horse Power*)**

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesin pada daerah *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3%. (“*Principal of Naval Architecture* hal 131”). Pada perencanaan ini, kamar mesin terletak dibagian belakang, sehingga *losses* yang terjadi hanya 2%. Bekerja 98%.

$$\begin{aligned}
\text{SHP} &= \text{DHP} / \eta_s \\
\eta_s &= 0,98 \text{ (losses sebesar 2\%)} \\
\text{DHP} &= 107 \text{ HP} \\
\text{SHP} &= 107 / 0,98 \\
\mathbf{\text{SHP}} &= \mathbf{109 \text{ HP}} \\
\mathbf{\text{SHP}} &= \mathbf{81 \text{ kW}}
\end{aligned}$$

- **BHP (Brake Horse Power)**

- **BHP Scr**

BHP Scr diakibatkan adanya pengaruh efisiensi roda sistem gigi transmisi (η_G), pada penelitian ini menggunakan roda gigi reduksi tunggal dengan *losses* 2%, sehingga:

$$\begin{aligned}
\eta_g &= 0,98 \\
\text{SHP} &= 109 \text{ HP} \\
\text{BHP scr} &= \text{SHP} / \eta_g \\
\text{BHP scr} &= 109 / 0,98 \\
\mathbf{\text{BHP scr}} &= \mathbf{111 \text{ HP}} \\
\mathbf{\text{BHP scr}} &= \mathbf{83 \text{ kW}}
\end{aligned}$$

- **BHP Mcr**

BHP Mcr merupakan daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk. Karena terdapat engine margin maka daya minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal saat V_s bernilai 0,8 - 0,9 dari daya mesin saat kondisi maksimum (D Stapersma & Hk Woud (2005) *Matching propulsion engine with propulsor*, *Journal of Marine Engineering & Technology*, Hal 29), sehingga :

$$\begin{aligned}
\text{Daya BHPscr diambil} &= 85\% \\
\text{BHP mcr} &= \text{BHPscr} / 0,85 \\
\text{BHP mcr} &= 111 / 0,85 \\
\mathbf{\text{BHP mcr}} &= \mathbf{136 \text{ HP}} \\
\mathbf{\text{BHP mcr}} &= \mathbf{101 \text{ kW}}
\end{aligned}$$

4.6.2 Kriteria Pemilihan Main Engine

Dalam penelitian ini dilakukan 3 analisa teknis berdasarkan jumlah *main engine* yang dibutuhkan sesuai besarnya daya yang sudah didapat. Model pertama memilih *engine* yang sesuai dengan kebutuhan daya dengan peletakan *main engine* berjumlah 4 buah yang peletakannya berada pada bagian FP (*starboard dan port side*) dan AP (*starboard dan port side*) kapal. Model kedua memilih *engine* berjumlah 2 buah yang peletakannya berada pada bagian AP (*starboard dan port side*). Model ketiga memilih *engine* berjumlah 1 buah sebagai *main engine*. Untuk mendapatkan *power per unit* setiap *engine* dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- **Kebutuhan Power per Unit 4 Engine**

Dalam pemilihan *engine* berjumlah 4 buah kebutuhan total BHPmcr hanya dengan dibagi menjadi 2, karena pada saat *engine* berjalan hanya 2 buah saja yang berfungsi untuk bergerak maju maupun mundur.

$$\begin{aligned}
P_{\text{unit}} &= \text{BHPmcr} / 2 \\
P_{\text{unit}} &= 136 / 2
\end{aligned}$$

$$P_{\text{unit}} = 68 \text{ HP}$$

$$P_{\text{unit}} = 51 \text{ kW}$$

➤ **Kebutuhan Power per Unit 2 Engine**

$$P_{\text{unit}} = \text{BHPmcr} / 2$$

$$P_{\text{unit}} = 136 / 2$$

$$P_{\text{unit}} = 68 \text{ HP}$$

$$P_{\text{unit}} = 51 \text{ kW}$$

➤ **Kebutuhan Power per Unit 1 Engine**

Untuk kebutuhan engine dengan jumlah 1 buah $\text{BHPmcr} = P_{\text{unit}}$

$$P_{\text{unit}} = 136 \text{ HP}$$

$$P_{\text{unit}} = 101 \text{ kW}$$

Langkah selanjutnya setelah didapatkan *power per unit* dari setiap engine yaitu memilih *engine* dengan melakukan 3 perbandingan perbandingan. Diharapkan tiga *main engine* yang dipilih memiliki spesifikasi dan *maker* yang berbeda. Untuk kasus pemilihan *main engine deck mounted thruster* sendiri ada beberapa keterbatasan salah satunya *maker* yang menyediakan model seperti ini masih sangat terbatas, sehingga dalam penelitian ini dipilih 2 *main engine* sebagai perbandingan. Merk yang dipilih yaitu *Thrustmaster* dan *Hydromaster*. Spesifikasi *engine* yang dipilih sebagai berikut:

Tabel 4.13 Pemilihan *Engine* dengan 1 *Main Engine*

Merk	Model	Power (kW)	Max Stem Length (m)	Propeller Diameter (mm)	Steering Through Range
Thrustmaster	OD100	75	4	914	360°
Hydromaster	Series 1	60	-	-	360°

Tabel 4.14 Pemilihan *Engine* dengan 2 *Main Engine*

Merk	Model	Power (kW)	Max stem length (m)	Propeller Diameter (mm)	Steering Through Range
Thrustmaster	OD150	112	4	965	360°
Hydromaster	Series 2	110	-	-	360°

Tabel 4.15 Pemilihan *Engine* dengan 4 *Main Engine*

Merk	Model	Power (kW)	Max Stem Length (m)	Propeller Diameter (mm)	Steering Through Range
Thrustmaster	OD100	75	4	914	360°
Hydromaster	Series 1	60	-	-	360°

Setelah memilih *engine* yang akan dibandingkan, selanjutnya melakukan perbandingan terhadap kedua *engine* tersebut. Adapun dalam melakukan perbandingan ada 10 kriteria pemilihan *engine* yang efektif, yaitu:

- **SFOC**

Rumus perbandingan SFOC:

$$Mesin = (1 - (\frac{SFOC\ Mesin - SFOC\ terkecil}{SFOC\ terkecil}))100\%$$

Nilai presentase dari perbandingan SFOC yaitu 20%

- **Daya**

Rumus perbandingan daya dari *engine* yaitu:

$$Mesin = 1 - (\frac{Daya\ Mesin - Daya\ Kapal}{Daya\ Kapal} \cdot 100\%)$$

Nilai presentase dari perbandingan daya yaitu 15%

- **Harga**

Rumus perbandingan harga dari *engine* yaitu:

$$Mesin = 1 - (\frac{Harga\ Mesin - Harga\ terkecil}{Harga\ terkecil} \cdot 100\%)$$

Nilai presentase dari perbandingan harga yaitu 15%

- **Berat**

Rumus perbandingan berat dari *engine* yaitu:

$$Mesin = 1 - (\frac{Berat\ Mesin - Berat\ terkecil}{Berat\ terkecil} \cdot 100\%)$$

Nilai presentase dari perbandingan berat yaitu 5%

- **Putaran**

Rumus perbandingan putaran dari *engine* yaitu:

$$Mesin = 1 - (\frac{Putaran\ Engine - Match\ Rotation}{Match\ Rotation} \cdot 100\%)$$

Nilai presentase dari perbandingan putaran yaitu 15%

- **Dimensi**

Rumus perbandingan dimensi dari *engine* yaitu:

$$Mesin = 1 - (\frac{Dimensi\ Mesin - Dimensi\ terkecil}{Dimensi\ terkecil} \cdot 100\%)$$

Nilai presentase dari perbandingan dimensi yaitu 5%

- **Gear box**

Rumus perbandingan *gear box* dari *engine* yaitu

$$\text{Mesin} = 1 - \left(\frac{\text{Harga gear box} - \text{Harga gear box terkecil}}{\text{Harga gear box terkecil}} \right) \times 100\%$$

Nilai presentase dari perbandingan *gear box* yaitu 5%

- **Bahan bakar**

Dalam perbandingan bahan bakar yang digunakan adalah HFO dan MDO sehingga setiap *engine* yang terpilih mempunyai nilai yang sama. Nilai presentase dari perbandingan bahan bakar ini yaitu 10%

- **Maintainability**

Perawatan dalam suatu *engine* sangat berpengaruh langsung terhadap *cost* jangka panjang ketika memilih *engine* tersebut. Inilah yang menyebabkan *maintainability* perlu diperbandingkan ketika memilih *engine*. Perawatan sendiri sangat berpengaruh terhadap tingkat pemakaian personil dan operasional *cost* misalnya pelumasan, pembersihan dan pergantian komponen-komponen yang rusak. Nilai presentase dari *maintainability* yaitu 5%

- **Reliability**

Ketersediaan barang yang ada di pasar saat ini sangat berpengaruh besar terhadap biaya yang harus dibayarkan, karena semakin banyak barang baik itu suku cadang maupun kebutuhan lainnya maka barang akan semakin murah tetapi hal sebaliknya apabila ketersediaan barang semakin sedikit dan susah dicari harga barang akan melonjak semakin mahal. Hal seperti ini harus benar – benar diperhatikan. Nilai presentase dari perbandingan *reliability* yaitu 5%.

Berdasarkan kriteria diatas, sehingga dapat dipilih salah satu *engine* utama berdasarkan presesntase terbaik dan kelengkapan lebih terperinci dalam hal spesifikasi *engine*. Maka dipilih engine dengan merk *Thrustmaster* sebagai berikut:

Tabel 4.16 Engine Yang Dipilih

Jumlah Engine Terpasang	Merk	Model	Power (kW)	Max Stem Length (m)	Propeller Diameter (mm)	Steering Through Range
1	Thrustmaster	OD150	112	4	965	360°
2	Thrustmaster	OD100	75	4	914	360°
4	Thrustmaster	OD100	75	4	914	360°

Dikarenakan ada keterbatasan pada katalog mengenai *technical data engine*, maka dilakukan asumsi yaitu membandingkan antara *engine* yang dipilih dengan *engine* yang tersedia dipasaran, dimana perbandingan sendiri untuk mendapatkan *technicak*

data engine dengan *power* (kW) yang hampir sama. Berikut merupakan *technical data engine* pembandingan yang dijadikan asumsi:

Tabel 4.17 *Technical Data Engine* Pembandingan

Pemilihan Main Engine	Engine 1	Engine 2	Engine 4
	YANMAR	WEICHAI DEUTZ	WEICHAI DEUTZ
Type	6CH-HTE3	WP4C102-21	WP4C102-21
Cycle	4 stroke	4 stroke	4 stroke
Cylinder Number	6	4	4
Power (kW)	125	75	75
Power (HP)	168	101	101
Cylinder Bore (mm)	105	105	105
Piston Stroke (mm)	125	130	130
DIMENSI (mm)			
Length (mm)	1600	1058	1058
Width (mm)	736	820	820
Height (mm)	1096	1061	1061
Weight (ton)	895	600	600
Rotation (rpm)	2550	2100	2100
SFOC (g/kwH)	232	195	195
SLOC (g/kwH)	0,7	0,8	0,8
Fuel	HFO,MDO	HFO,MDO	HFO,MDO

4.7 Analisa Performance

Analisa *performance* dilakukan untuk mendapatkan nilai efisiensi penggunaan bahan bakar pada penggunaan *deck mounted thruster*. Analisa ini dimaksudkan untuk mendapatkan perbandingan penggunaan *deck mounted thruster* pada kondisi kapal yang menggunakan satu *main engine*, dua *main engine*, dan empat *main engine* kapal ro-ro barge dengan *payload* 80 ton sebagai kapal penyebrangan sungai. Perbandingan dilakukan untuk mendapatkan nilai konsumsi bahan bakar per hari dengan asumsi kapal beroperasi 8 jam dalam 1 hari. Hal ini berguna untuk mendapatkan biaya operasional yang harus dikeluarkan.

4.7.1 Konsumsi Bahan Bakar 1 Main Engine

Perhitungan konsumsi bahan bakar pada kapal dengan 1 *main engine* menggunakan *diesel engine*. Analisa yang dilakukan pada *deck mounted thruster* dengan 1 *main engine* ini untuk mendapatkan besarnya konsumsi bahan bakar *main*

engine dalam 1 hari beroperasi. Berikut merupakan *technical data main engine* beserta asumsi perbandingan *engine*:

a. Main Engine

Jumlah : 1
Merk : Thrustmaster
Type : OD150
Daya : 112 kW

b. Engine Pembanding

Jumlah : 1
Merk : YANMAR
Type : 6CH-HTE3
Daya : 125 kW
Putaran : 2550 rpm
SFOC : 232 gr/kWh

Berdasarkan *technical data* tersebut dapat dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar dalam 1 hari operasi sebagai berikut:

$$FC_{ME} = \frac{SFOC \times P \times t \times 10^{-6}}{\rho} \times \text{Jumlah Engine}$$

Dimana:

FC_{ME} = Fuel Consumption

SFOC = Spesific Fuel Oil Consumption

P = Power

T = Waktu operasi

ρ = Massa jenis bahan bakar

$$FC_{ME} = \frac{232 \text{ gr/kWh} \times 125 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times 10^{-6}}{0,833 \text{ ton/m}^3} \times 1$$

$$= 34,81393 \text{ liter/jam}$$

$$FC_{ME} \text{ dalam satu hari operasi} = 34,81393 \text{ liter/jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 278,51144 \text{ liter/hari}$$

$$= 279 \text{ liter/hari}$$

4.7.2 Konsumsi Bahan Bakar 2 Main Engine

Pada kapal yang menggunakan 2 *main engine* jenis *engine* yang digunakan yaitu *diesel engine*. Perhitungan yang dilakukan pada *deck mounted thruster* dengan 2 *main engine* ini untuk mendapatkan besarnya konsumsi bahan bakar *engine* dalam 1 hari beroperasi. *Engine* beroperasi secara bersamaan dengan daya yang lebih kecil per unitnya dibandingkan 1 *main engine*. Berikut merupakan *technical data main engine* beserta asumsi perbandingan *engine*:

a. Main Engine

Jumlah : 2
Merk : Thrustmaster
Type : OD100
Daya : 75 kW

b. Engine Pembanding

Jumlah	: 2
Merk	: WEICHAI DEUTZ
Type	: WP4C102-21
Daya	: 75 kW
Putaran	: 2100 rpm
SFOC	: 195 gr/kWh

Berdasarkan *technical* data tersebut dapat dilakukan perhitungan konsumsi bahan bakar dalam 1 hari operasi sebagai berikut:

$$FC_{ME} = \frac{SFOC \times P \times t \times 10^{-6}}{\rho} \times \text{Jumlah Engine}$$

Dimana:

FC_{ME} = Fuel Consumption

SFOC = Spesific Fuel Oil Consumption

P = Power

t = Waktu operasi

ρ = Massa jenis bahan bakar

$$FC_{ME} = \frac{195 \text{ gr/kWh} \times 75 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times 10^{-6}}{0,833 \text{ ton/m}^3} \times 2$$

$$= 35,11404 \text{ liter/jam}$$

$$\begin{aligned} FC_{ME} \text{ dalam satu hari operasi} &= 35,11404 \text{ liter/jam} \times 8 \text{ jam} \\ &= 280,91232 \text{ liter/hari} \\ &= 281 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

4.7.3 Konsumsi Bahan Bakar 4 Main Engine

Pada kapal yang menggunakan 4 *main engine* jenis *engine* yang digunakan yaitu *diesel engine*, tetapi untuk operasionalnya *engine* yang digunakan hanya 2 saja, melainkan *engine* digunakan secara bergantian. Jadi perhitungan konsumsi bahan bakar kapal yang menggunakan 4 *main engine* sama seperti perhitungan kapal yang menggunakan 2 *main engine*. Berikut merupakan *technical data main engine* beserta asumsi perbandingan *engine*:

a. Main Engine

Jumlah	: 2
Merk	: Thrustmaster
Type	: OD100
Daya	: 75 kW

b. Engine Pembanding

Jumlah	: 2
Merk	: WEICHAI DEUTZ
Type	: WP4C102-21
Daya	: 75 kW
Putaran	: 2100 rpm
SFOC	: 195 gr/kWh

$$FC_{ME} = \frac{195 \text{ gr/kWh} \times 75 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} \times 10^{-6}}{0,833 \text{ ton/m}^3} \times 2$$

$$= 35,11404 \text{ liter/jam}$$

$FC_{ME} \text{ dalam satu hari operasi} = 35,11404 \text{ liter/jam} \times 8 \text{ jam}$
 $= 280,91232 \text{ liter/hari}$
 $= 281 \text{ liter/hari}$

4.8 Analisa Ekonomi

4.8.1 Perhitungan Biaya Investasi Sistem Propulsi

Biaya investasi (BI) merupakan biaya awal yang harus dikeluarkan ketika pembangunan dimulai hingga pembangunan itu selesai. Dalam pengerjaan skripsi ini biaya investasi awal yang harus dikeluarkan yaitu untuk keperluan biaya untuk *main engine* yang akan direncanakan. Pembelian *main engine* sendiri sudah termasuk kedalam biaya instalasinya.

Biaya Investasi yang dihitung untuk keperluan *main engine* dilihat berdasarkan harga per kW atau per kg. Keperluan *main engine* telah ditentukan pada tabel 4.16 berdasarkan 3 kondisi yang berbeda. Karena harga dari *engine* yang diperlukan tidak tersedia dalam brosur online ataupun website yang bersangkutan, maka dilakukan asumsi dengan perbandingan *engine* serupa yang ada pada website jual beli PT.Citra Asia Mandiri yang mencantumkan harga *engine deck mounted thruster* Rp. 866.727.930 untuk 221kW. Sehingga asumsi harga yang didapat adalah Rp.4.000.000 per kW. Detail perhitungan biaya investasi dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Biaya Investasi 1 *Main Engine*

No.	Komponen	Jumlah	Nominal kW	Harga per kW	Harga
1	Main Engine Thrustmaster OD150	1	112	Rp. 4.000.000	Rp. 448.000.000
Biaya investasi total					Rp. 448.000.000

Tabel 4.19 Biaya Investasi 2 *Main Engine*

No.	Komponen	Jumlah	Nominal kW	Harga per kW	Harga
1	Main Engine Thrustmaster OD100	2	75	Rp. 4.000.000	Rp. 600.000.000
Biaya investasi total					Rp. 600.000.000

Tabel 4.20 Biaya Investasi 4 *Main Engine*

No.	Komponen	Jumlah	Nomina 1 kW	Harga per kW	Harga
1	Main Engine Thrustmaster OD100	4	75	Rp. 4.000.000	Rp. 1.200.000.000
Biaya investasi total					Rp. 1.200.000.000

4.8.2 Perhitungan Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Main Engine yang digunakan tergolong kedalam *high speed diesel* dengan putaran diatas 1000rpm. Jadi, bahan bakar yang akan digunakan yaitu minyak solar (HSD). Selain melihat pada putaran *engine* yang tergolong kedalam *high speed diesel*, penggunaan bahan bakar HSD melihat ketersediaan bahan bakar di wilayah area pelayaran. HSD yang terdapat di Indonesia memiliki variasi harga yang berbeda-beda berdasarkan region yang ada di Indonesia. Karena kapal akan dioperasikan di wilayah Kalimantan maka sebagai acuan harga HSD bisa dilihat pada gambar 4.16 yaitu terletak di region II yaitu Rp. 9487,50/liter

REGION I (West Java, Central Java dan East Java)

No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 100% dari 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 9.250,00	Rp 925,00	Rp 462,5	Rp 10.637,50
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 7.000,00	Rp 700,00		Rp 7.700,00

REGION II (Kalimantan)

No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 100% dari 5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8.250,00	Rp 825,00	Rp 412,5	Rp 9.487,50
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 7.100,00	Rp 710,00		Rp 7.810,00

REGION III (Sulawesi, NTB)

No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 17.17% dari 7.5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 8.350,00	Rp 835,00	Rp 107,548	Rp 9.292,548
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 7.200,00	Rp 720,00		Rp 7.920,00

REGION IV (NTT & Sorong)

No	PRODUK BBM	HARGA TANPA PAJAK	PPN 10%	PBBKB 17.17% dari 7.5%	HARGA JUAL
1	MINYAK SOLAR (HSD)	Rp 9.500,00	Rp 950,00	Rp 122,360	Rp 10.572,36
2	MINYAK BAKAR (MFO)	Rp 7.350,00	Rp 735,00		Rp 8.085,00

Gambar 4.16 Harga HSD Pada Tiap Region Tahun 2018
(Sumber: www.bunkerbbm.co.id)

Berdasarkan sub bab analisis *performance* kebutuhan bahan bakar ketika kapal beroperasi sudah didapatkan, sehingga selanjutnya bisa didapatkan biaya yang harus dikeluarkan untuk konsumsi bahan bakar dengan kondisi 3 jumlah *main engine*

yang berbeda.

a. Konsumsi Bahan Bakar 1 Main Engine

Tabel 4.21 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 1 *Main Engine*
Tahun Pertama Dengan 1 *Main Engine*

Jumlah Main Engine	Vs	Durasi (D)			Komponen	FC		Biaya bahan bakar tahun pertama
	[knot]	Satu Hari [jam]	Hari	[jam/tahun]		[liter/hari]	[liter/tahun]	FCx Rp 9487,50
1	9	8	365	2920	M/E	279	101835	Rp1.002.820.162,50
Total biaya bahan bakar sampai tahun pertama							101835	Rp 1.002.820.162,5 x (1 + i _F)

Berdasarkan Tabel 4.21 bisa kita dapatkan besarnya biaya yang harus dikeluarkan selama satu tahun beroperasi dengan menggunakan 1 buah *Main engine*. Dengan penambahan faktor peningkatan HSD i_F sebesar 2% per tahun (Prasetya et al, 2016), sehingga dapat dibuat sebuah perencanaan kapal dengan sistem penggerak *deck mounted thruster* dengan jumlah 1 *main engine* sampai tahun ke-30 beroperasi.

b. Konsumsi Bahan Bakar 2 Main Engine

Tabel 4.22 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 2 *Main Engine*

Jumlah Main Engine	Vs	Durasi (D)			Komponen	FC		Biaya bahan bakar tahun pertama
	[knot]	Satu Hari [jam]	Hari	[jam/tahun]		[liter/hari]	[liter/tahun]	FCx Rp 9487,50
1	9	8	365	2920	M/E	281	102565	Rp1.010.008.837,50
Total biaya bahan bakar sampai tahun pertama							102565	Rp 1.010.008.837,5 x (1 + i _F)

Tabel 4.22 menjelaskan penggunaan konsumsi bahan bakar kapal dengan menggunakan 2 *main engine* dalam 1 tahun operasi.

c. Konsumsi Bahan Bakar 4 Main Engine

Tabel 4.23 Biaya Konsumsi Bahan Bakar 4 *Main Engine*

Jumlah Main Engine	Vs	Durasi (D)			Komponen	FC		Biaya bahan bakar tahun pertama
	[knot]	Satu Hari [jam]	Hari	[jam/tahun]		[liter/hari]	[liter/tahun]	FCx Rp 9487,50
1	9	8	365	2920	M/E	281	102565	Rp1.010.008.837,50
Total biaya bahan bakar sampai tahun pertama							102565	Rp 1.010.008.837,5 x (1 + i _F)

Untuk penggunaan 4 *main engine*, *engine* yang digunakan tidak dioperasikan 4 *engine* langsung tetapi hanya 2 *engine* yang beroperasi secara bergantian sehingga

perhitungan konsumsi bahan bakarnya sama seperti kapal yang beroperasi menggunakan 2 *main engine*. Untuk biaya perencanaan konsumsi bahan dalam 30 tahun kedepan bisa dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rencana Pembiayaan Konsumsi Bahan Bakar Dalam Jangka Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah *Main Engine* Berbeda

Pada tahun ke -	Biaya bahan bakar 1 engine	Biaya bahan bakar 2 engine	Biaya bahan bakar 4 engine	%
0	IDR 0,00	IDR 0,00	IDR 0,00	0,00%
1	IDR 1.002.820.162,50	IDR 1.010.008.837,50	IDR 1.010.008.837,50	2,00%
2	IDR 1.022.876.565,75	IDR 1.030.209.014,25	IDR 1.030.209.014,25	2,00%
3	IDR 1.043.334.097,07	IDR 1.050.813.194,54	IDR 1.050.813.194,54	2,00%
4	IDR 1.064.200.779,01	IDR 1.071.829.458,43	IDR 1.071.829.458,43	2,00%
5	IDR 1.085.484.794,59	IDR 1.093.266.047,59	IDR 1.093.266.047,59	2,00%
6	IDR 1.107.194.490,48	IDR 1.115.131.368,55	IDR 1.115.131.368,55	2,00%
7	IDR 1.129.338.380,29	IDR 1.137.433.995,92	IDR 1.137.433.995,92	2,00%
8	IDR 1.151.925.147,89	IDR 1.160.182.675,84	IDR 1.160.182.675,84	2,00%
9	IDR 1.174.963.650,85	IDR 1.183.386.329,35	IDR 1.183.386.329,35	2,00%
10	IDR 1.198.462.923,87	IDR 1.207.054.055,94	IDR 1.207.054.055,94	2,00%
11	IDR 1.222.432.182,35	IDR 1.231.195.137,06	IDR 1.231.195.137,06	2,00%
12	IDR 1.246.880.825,99	IDR 1.255.819.039,80	IDR 1.255.819.039,80	2,00%
13	IDR 1.271.818.442,51	IDR 1.280.935.420,60	IDR 1.280.935.420,60	2,00%
14	IDR 1.297.254.811,36	IDR 1.306.554.129,01	IDR 1.306.554.129,01	2,00%
15	IDR 1.323.199.907,59	IDR 1.332.685.211,59	IDR 1.332.685.211,59	2,00%
16	IDR 1.349.663.905,74	IDR 1.359.338.915,82	IDR 1.359.338.915,82	2,00%
17	IDR 1.376.657.183,86	IDR 1.386.525.694,14	IDR 1.386.525.694,14	2,00%
18	IDR 1.404.190.327,53	IDR 1.414.256.208,02	IDR 1.414.256.208,02	2,00%
19	IDR 1.432.274.134,08	IDR 1.442.541.332,18	IDR 1.442.541.332,18	2,00%
20	IDR 1.460.919.616,77	IDR 1.471.392.158,82	IDR 1.471.392.158,82	2,00%
21	IDR 1.490.138.009,10	IDR 1.500.820.002,00	IDR 1.500.820.002,00	2,00%
22	IDR 1.519.940.769,28	IDR 1.530.836.402,04	IDR 1.530.836.402,04	2,00%
23	IDR 1.550.339.584,67	IDR 1.561.453.130,08	IDR 1.561.453.130,08	2,00%
24	IDR 1.581.346.376,36	IDR 1.592.682.192,68	IDR 1.592.682.192,68	2,00%
25	IDR 1.612.973.303,89	IDR 1.624.535.836,53	IDR 1.624.535.836,53	2,00%
26	IDR 1.645.232.769,97	IDR 1.657.026.553,26	IDR 1.657.026.553,26	2,00%
27	IDR 1.678.137.425,37	IDR 1.690.167.084,33	IDR 1.690.167.084,33	2,00%
28	IDR 1.711.700.173,87	IDR 1.723.970.426,02	IDR 1.723.970.426,02	2,00%
29	IDR 1.745.934.177,35	IDR 1.758.449.834,54	IDR 1.758.449.834,54	2,00%
30	IDR 1.780.852.860,90	IDR 1.793.618.831,23	IDR 1.793.618.831,23	2,00%
Total	IDR 40.682.487.780,84	IDR 40.974.118.517,62	IDR 40.974.118.517,62	
Selisih M/E 1 dan 2	IDR 291.630.736,78			
Selisih M/E 2 dan 4	IDR 0,00			
Selisih M/E 1 dan 4	IDR 291.630.736,78			

Berdasarkan Tabel 4.24 Total kebutuhan bahan bakar sampai tahun ke 30 yaitu:

- Menggunakan 1 Main Engine sebesar Rp. 40.685.487.780,84
- Menggunakan 2 Main Engine sebesar Rp. 40.974.118.517,62
- Menggunakan 4 Main Engine sebesar Rp. 40.974.118.517,62

4.8.3 Perhitungan Biaya Pemeliharaan

Biaya pemeliharaan *engine* yang dihitung terbagi menjadi 2 kondisi yaitu *top overhaul (T/O)* dan *general overhaul (G/O)*. Kondisi T/O dilakukan pada tugas akhir

ini diasumsikan dilakukan setiap tahun ketika melakukan *anual survei* dan G/O dilakukan ketika kapal sedang melakukan *special survey*. Dalam perhitungan biaya pemeliharaan *engine* ada beberapa aspek yang harus diperhatikan, yaitu aspek jasa pemeliharaan dan aspek pergantian *spare part*.

Analisa biaya pemeliharaan untuk setiap skenario memiliki perbedaan biaya yang harus dikeluarkan, hal ini dikarenakan banyaknya jumlah *main engine* yang terpasang pada masing-masing skenario. Pemeliharaan sendiri sangat penting untuk keberhasilan suatu *main engine* melakukan operasinya, hal ini juga berpengaruh terhadap umur *main engine*. Perhitungan biaya pemeliharaan *engine* yang dipilih sejauh ini tidak ada data yang valid sebagai referensi perhitungan, maka untuk memudahkan perencanaan biaya pemeliharaan *engine* digunakan asumsi sebagai berikut:

a. Pemeliharaan 1 Main Engine

Tabel 4.25 Biaya Pemeliharaan

Tipe Mesin Diesel	Tipe Pemeliharaan/Reparasi	Deskripsi	Biaya Total
<u>Main Engine:</u>	T/O	1. Pergantian Pelumas 2. Pergantian <i>Spare Parts</i> 3. Jasa	Rp 20.000.000,-
Thrustmaster OD150	G/O	1. Pergantian Pelumas 2. Pergantian <i>Spare Parts</i> 3. Jasa	Rp 50.000.000,-

pemeliharaan terjadi peningkatan 2% dari harga awal, sehingga dapat direncanakan biaya pemeliharaan selama 30 tahun kedepan seperti pada Tabel 4.27.

b. Pemeliharaan 2 Main Engine

Tabel 4.26 Biaya Pemeliharaan

Tipe Mesin Diesel	Tipe Pemeliharaan/Reparasi	Deskripsi	Biaya Total
<u>Main Engine:</u>	T/O	1. Pergantian Pelumas 2. Pergantian <i>Spare Parts</i> 3. Jasa	Rp 20.000.000,-
Thrustmaster OD150	G/O	1. Pergantian Pelumas 2. Pergantian <i>Spare Parts</i> 3. Jasa	Rp 50.000.000,-

Pada analisa perhitungan besarnya biaya pemeliharaan untuk 2 *main engine* yang harus dikeluarkan sesuai dengan Tabel 4.28 harus dikalikan 2 karena apa yang tercantum pada tabel hanya untuk pemeliharaan 1 *engine*

c. Pemeliharaan 4 Main Engine

Untuk asumsi biaya pemeliharaan kapal dengan 4 *main engine* sama seperti Tabel 4.26 hanya saja biayanya harus dikalikan 4 karena jumlah *main engine* nya berjumlah 4 buah. Berikut hasil perhitungan perencanaan biaya pemeliharaan sampai tahun ke-30:

Tabel 4.27 Biaya Pemeliharaan *Main Engine* Dalam Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah *Engine* Berbeda

Pada tahun ke-	Biaya maintenance 1 engine	Biaya maintenance 2 engine	Biaya Maintenance 4 engine	%
0	IDR 0,00	IDR 0,00	IDR 0,00	0,00%
1	IDR 20.000.000,00	IDR 40.000.000,00	IDR 80.000.000,00	2,00%
2	IDR 20.400.000,00	IDR 40.800.000,00	IDR 81.600.000,00	2,00%
3	IDR 20.808.000,00	IDR 41.616.000,00	IDR 83.232.000,00	2,00%
4	IDR 21.224.160,00	IDR 42.448.320,00	IDR 84.896.640,00	2,00%
5	IDR 50.000.000,00	IDR 100.000.000,00	IDR 200.000.000,00	2,00%
6	IDR 22.081.616,06	IDR 44.163.232,13	IDR 88.326.464,26	2,00%
7	IDR 22.523.248,39	IDR 45.046.496,77	IDR 90.092.993,54	2,00%
8	IDR 22.973.713,35	IDR 45.947.426,71	IDR 91.894.853,41	2,00%
9	IDR 23.433.187,62	IDR 46.866.375,24	IDR 93.732.750,48	2,00%
10	IDR 55.000.000,00	IDR 110.000.000,00	IDR 220.000.000,00	2,00%
11	IDR 24.379.888,40	IDR 48.759.776,80	IDR 97.519.553,60	2,00%
12	IDR 24.867.486,17	IDR 49.734.972,34	IDR 99.469.944,67	2,00%
13	IDR 25.364.835,89	IDR 50.729.671,78	IDR 101.459.343,57	2,00%
14	IDR 25.872.132,61	IDR 51.744.265,22	IDR 103.488.530,44	2,00%
15	IDR 60.500.000,00	IDR 121.000.000,00	IDR 242.000.000,00	2,00%
16	IDR 26.917.366,77	IDR 53.834.733,53	IDR 107.669.467,07	2,00%
17	IDR 27.455.714,10	IDR 54.911.428,20	IDR 109.822.856,41	2,00%
18	IDR 28.004.828,38	IDR 56.009.656,77	IDR 112.019.313,54	2,00%
19	IDR 28.564.924,95	IDR 57.129.849,90	IDR 114.259.699,81	2,00%
20	IDR 66.550.000,00	IDR 133.100.000,00	IDR 266.200.000,00	2,00%
21	IDR 29.718.947,92	IDR 59.437.895,84	IDR 118.875.791,68	2,00%
22	IDR 30.313.326,88	IDR 60.626.653,76	IDR 121.253.307,51	2,00%
23	IDR 30.919.593,42	IDR 61.839.186,83	IDR 123.678.373,66	2,00%
24	IDR 31.537.985,28	IDR 63.075.970,57	IDR 126.151.941,14	2,00%
25	IDR 73.205.000,00	IDR 146.410.000,00	IDR 292.820.000,00	2,00%
26	IDR 32.812.119,89	IDR 65.624.239,78	IDR 131.248.479,56	2,00%
27	IDR 33.468.362,29	IDR 66.936.724,57	IDR 133.873.449,15	2,00%
28	IDR 34.137.729,53	IDR 68.275.459,07	IDR 136.550.918,13	2,00%
29	IDR 34.820.484,12	IDR 69.640.968,25	IDR 139.281.936,49	2,00%
30	IDR 80.525.500,00	IDR 161.051.000,00	IDR 322.102.000,00	2,00%
Total	IDR 1.028.380.152,02	IDR 2.056.760.304,05	IDR 4.113.520.608,09	
Selish 1 dan 2	IDR 1.028.380.152,02			
Selish 1 dan 4	IDR 3.085.140.456,07			
Selish 2 dan 4	IDR 2.056.760.304,05			

Berdasarkan Tabel 4.27 Total biaya pemeliharaansampai tahun ke 30 yaitu:

1. Menggunakan 1 Main Engine sebesar Rp. 1.028.380.152,02
2. Menggunakan 2 Main Engine sebesar Rp. 2.056.760.340,05
3. Menggunakan 4 Main Engine sebesar Rp. 4.113.520.608,09

4.8.4 Perhitungan Gaji ABK

Mengacu pada KM 70 1998 pasal 15 dan 16 mengenai penentuan jumlah minimal jabatan, sertifikat kepelautan, dan jumlah awak kapal bagian dek di kapal niaga daerah pelayar lokal. Dapat diketahui untuk kapal dengan GT 500 sampai kurang dari GT 1500, awak kapalnya berjumlah 9 orang. Tetapi melihat kondisi kapal hanya menempuh jarak 50 meter, sehingga harus dilakukan pengurangan jumlah ABK untuk kapal Ro-Ro *Barge* yang direncanakan. Pada pengerjaan tugas akhir ini

ditentukan jumlah ABK kapal dengan asumsi 4 orang yang terdiri dari 1 nahkoda, 1 KKM, 2 oiler. Berikut tabel ketentuan jumlah gaji dan bonus untuk ABK:

Tabel 4.28 Ketentuan Gaji Dan Bonus ABK

JENIS KAPAL		GAJI & BONUS (JUTA)	
		ABK	KAPTEN
1	LCT	4	7
2	TUGBOAT	5,5	10
3	TANKER	6,5	11
4	FERRY	6	9,5
5	PELNI	8	15
6	CARGO	4,5	8
7	OFFSHORE	20	38
8	DAGANG	15	31
9	PESIR	35	70

Berdasarkan Tabel 4.28 maka ditentukan asumsi gaji kapten 8 juta, KKM 6 juta, dan ABK 4 juta, dengan kenaikan setiap tahun 2%, sehingga perhitungan gaji ABK sampai tahun ke-30 yaitu:

Tabel 4.29 Pengeluaran Biaya ABK Selama 30 Tahun

Pada tahun ke -	GAJI	%
0	IDR 0,00	0,00
1	IDR 22.000.000,00	2,00%
2	IDR 22.440.000,00	2,00%
3	IDR 22.888.800,00	2,00%
4	IDR 23.346.576,00	2,00%
5	IDR 23.813.507,52	2,00%
6	IDR 24.289.777,67	2,00%
7	IDR 24.775.573,22	2,00%
8	IDR 25.271.084,69	2,00%
9	IDR 25.776.506,38	2,00%
10	IDR 26.292.036,51	2,00%
11	IDR 26.817.877,24	2,00%
12	IDR 27.354.234,78	2,00%
13	IDR 27.901.319,48	2,00%
14	IDR 28.459.345,87	2,00%
15	IDR 29.028.532,79	2,00%
16	IDR 29.609.103,44	2,00%
17	IDR 30.201.285,51	2,00%
18	IDR 30.805.311,22	2,00%
19	IDR 31.421.417,45	2,00%
20	IDR 32.049.845,80	2,00%
21	IDR 32.690.842,71	2,00%
22	IDR 33.344.659,57	2,00%
23	IDR 34.011.552,76	2,00%
24	IDR 34.691.783,81	2,00%
25	IDR 35.385.619,49	2,00%
26	IDR 36.093.331,88	2,00%
27	IDR 36.815.198,52	2,00%
28	IDR 37.551.502,49	2,00%
29	IDR 38.302.532,54	2,00%
30	IDR 39.068.583,19	2,00%
Total	IDR 892.497.742,51	

Jumlah biaya total pengeluaran untuk gaji ABK selama 30 tahun kapal beroperasi sebesar Rp. 892.497.742,51

4.8.5 Perhitungan Biaya Pendapatan

Biaya pemasukan merupakan biaya yang didapat ketika kapal itu melakukan perjalanan dalam 1 kali *trip*. Perhitungan biaya pemasukan untuk kapal pada tugas akhir ini, tergantung pada tarif yang dipatok dengan menggunakan asumsi, untuk kapal dengan 1, 2 atau 4 *main engine* pendapatannya yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.30 Biaya Pendapatan Kapal Dalam 1 Tahun Dengan 3 Jumlah *Engine* Berbeda

Deskripsi	Jenis Muatan	Harga (Rp)	Perjalanan/Hari	Units	Satu Hari	Satu Tahun
Income From Service	Truk	30.000	24	2	Rp 1.440.000,00	Rp 525.600.000
	Sepeda Motor	5000		20	Rp 2.400.000,00	Rp 876.000.000
	Orang	1000		15	Rp 360.000,00	Rp 131.400.000
TOTAL INCOME						IDR 1.533.000.000,00

Besarnya biaya pendapatan selama 30 tahun kapal beroperasi bisa kita dapatkan, dengan asumsi kenaikan pendapatan setiap tahun 2%. Berikut hasil perhitungannya:

Tabel 4.31 Biaya Pendapatan Kapal Dalam 30 Tahun

Pada tahun ke -	Pendapatan	%
0	IDR 0,00	0,00%
1	IDR 1.533.000.000,00	2,00%
2	IDR 1.563.660.000,00	2,00%
3	IDR 1.594.933.200,00	2,00%
4	IDR 1.626.831.864,00	2,00%
5	IDR 1.659.368.501,28	2,00%
6	IDR 1.692.555.871,31	2,00%
7	IDR 1.726.406.988,73	2,00%
8	IDR 1.760.935.128,51	2,00%
9	IDR 1.796.153.831,08	2,00%
10	IDR 1.832.076.907,70	2,00%
11	IDR 1.868.718.445,85	2,00%
12	IDR 1.906.092.814,77	2,00%
13	IDR 1.944.214.671,06	2,00%
14	IDR 1.983.098.964,49	2,00%
15	IDR 2.022.760.943,78	2,00%
16	IDR 2.063.216.162,65	2,00%
17	IDR 2.104.480.485,90	2,00%
18	IDR 2.146.570.095,62	2,00%
19	IDR 2.189.501.497,53	2,00%
20	IDR 2.233.291.527,49	2,00%
21	IDR 2.277.957.358,03	2,00%
22	IDR 2.323.516.505,20	2,00%
23	IDR 2.369.986.835,30	2,00%
24	IDR 2.417.386.572,01	2,00%
25	IDR 2.465.734.303,45	2,00%
26	IDR 2.515.048.989,51	2,00%
27	IDR 2.565.349.969,30	2,00%
28	IDR 2.616.656.968,69	2,00%
29	IDR 2.668.990.108,06	2,00%
30	IDR 2.722.369.910,23	2,00%
Total	IDR 62.190.865.421,52	

Jumlah total pendapatan selama 30 tahun kapal beroperasi dengan menggunakan 1, 2 dan 4 *main engine* yaitu Rp. 62.190.865.421,52.

4.8.6 Analisa *Present Value*

Tahapan selanjutnya yaitu analisis ekonomis pada kapal dengan penggunaan *main engine* berjumlah satu, dua, dan empat menggunakan metode *present value*. Metode ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar penghematan biaya dari operasional kapal dengan jumlah *main engine* berbeda dalam kurun waktu 30 tahun kedepan. *Present value* juga digunakan untuk mengetahui berapa nilai uang saat ini untuk nilai tertentu pada saat yang akan datang.

Untuk mendapatkan nilai *present value* pada setiap tahun, sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu *cash outflow* (CO) kapal pada setiap tahunnya. *Cash outflow sendiri* terdiri dari 2 (dua) jenis komponen biaya, yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap didalamnya meliputi biaya investasi (BI) yang sudah dihitung sebelumnya pada Tabel 4.18 – 4.20 untuk masing-masing jumlah *main engine*. Komponen biaya variabel pada pengerjaan skripsi ini meliputi: Biaya penghitungan bahan bakar (B3) (Tabel 4.24), biaya pemeliharaan *main engine* (Br) (Tabel 4.27), biaya gaji ABK (Bg) (Tabel 4.29). *Cash outflow* juga bisa menggambarkan secara singkat apakah suatu perusahaan atau proyek yang dijalankan mendapat keuntungan atau malah mengalami kerugian. Dari nilai *cash outflow* ini perusahaan dapat menentukan kira-kira biaya pemasukan yang akan diterima. Nilai CO pada saat *main engine* awal beroperasi (CO₀) nilai nya sama seperti BI. Untuk mendapatkan nilai CO pertahun dapat dihitung menggunakan rumus:

$$CO_n = Bi + B3_n + Br + Bg ; n \in N$$

Untuk mendapatkan nilai *present value* (PV) pertahun digunakan rumus persamaan:

$$PV_n = CO_n / (1 + i)^n ; n \in N$$

Dimana:

i = faktor kenaikan suku bunga bank
= 10%

Dengan rumusan tersebut sehingga dapat dihitung CO dan PV penggunaan jumlah *main engine* 1, 2 dan 4 pada kapal yang dianalisa dalam kurun waktu 30 tahun kedepan. Dalam tugas akhir ini nilai PV dihitung berdasarkan masing-masing biaya yang dikeluarkan. Pada Tabel 4.32 dijelaskan nilai PV dari kebutuhan biaya konsumsi bahan bakar, Tabel 4.33 menjelaskan nilai PV dari kebutuhan biaya pemeliharaan dan nilai PV untuk kebutuhan biaya gaji ABK dijelaskan pada Tabel 4.34. Berikut hasil dari analisa dari CO dan PV:

Tabel 4.32 *Present Value* Biaya Konsumsi Bahan Bakar Jangka Waktu 30 Tahun
Dengan 3 Jumlah *Main Engine* Berbeda

Pada tahun ke -	Present Value 1 engine	Present Value 2 engine	Present Value 4 Engine
0	IDR 0,00	IDR 0,00	IDR 0,00
1	IDR 911.654.693,18	IDR 918.189.852,27	IDR 918.189.852,27
2	IDR 845.352.533,68	IDR 851.412.408,47	IDR 851.412.408,47
3	IDR 783.872.349,41	IDR 789.491.506,04	IDR 789.491.506,04
4	IDR 726.863.451,27	IDR 732.073.941,96	IDR 732.073.941,96
5	IDR 674.000.654,82	IDR 678.832.200,73	IDR 678.832.200,73
6	IDR 624.982.425,37	IDR 629.462.586,13	IDR 629.462.586,13
7	IDR 579.529.158,07	IDR 583.683.488,96	IDR 583.683.488,96
8	IDR 537.381.582,94	IDR 541.233.780,67	IDR 541.233.780,67
9	IDR 498.299.286,00	IDR 501.871.323,89	IDR 501.871.323,89
10	IDR 462.059.337,93	IDR 465.371.591,25	IDR 465.371.591,25
11	IDR 428.455.022,44	IDR 431.526.384,61	IDR 431.526.384,61
12	IDR 397.294.657,17	IDR 400.142.647,55	IDR 400.142.647,55
13	IDR 368.400.500,29	IDR 371.041.364,09	IDR 371.041.364,09
14	IDR 341.607.736,63	IDR 344.056.537,61	IDR 344.056.537,61
15	IDR 316.763.537,60	IDR 319.034.243,97	IDR 319.034.243,97
16	IDR 293.726.189,41	IDR 295.831.753,50	IDR 295.831.753,50
17	IDR 272.364.284,73	IDR 274.316.716,88	IDR 274.316.716,88
18	IDR 252.555.973,11	IDR 254.366.410,20	IDR 254.366.410,20
19	IDR 234.188.265,98	IDR 235.867.034,91	IDR 235.867.034,91
20	IDR 217.156.392,09	IDR 218.713.068,73	IDR 218.713.068,73
21	IDR 201.363.199,94	IDR 202.806.663,73	IDR 202.806.663,73
22	IDR 186.718.603,58	IDR 188.057.088,19	IDR 188.057.088,19
23	IDR 173.139.068,77	IDR 174.380.209,05	IDR 174.380.209,05
24	IDR 160.547.136,50	IDR 161.698.012,03	IDR 161.698.012,03
25	IDR 148.870.981,12	IDR 149.938.156,61	IDR 149.938.156,61
26	IDR 138.044.000,67	IDR 139.033.563,40	IDR 139.033.563,40
27	IDR 128.004.436,99	IDR 128.922.031,52	IDR 128.922.031,52
28	IDR 118.695.023,39	IDR 119.545.883,77	IDR 119.545.883,77
29	IDR 110.062.658,05	IDR 110.851.637,68	IDR 110.851.637,68
30	IDR 102.058.101,10	IDR 102.789.700,39	IDR 102.789.700,39
Total	IDR 11.234.011.242,22	IDR 11.314.541.788,76	IDR 11.314.541.788,76
Selisih M/E 1 dan 2	IDR 80.530.546,54		
Selisih M/E 1 dan 4	IDR 80.530.546,54		
Selisih M/E 2 dan 4	IDR 0,00		

Berdasarkan Tabel 4.32 total *present value* biaya konsumsi bahan bakar sampai tahun ke 30 yaitu:

1. Menggunakan 1 Main Engine sebesar Rp. 11.234.011.242,22
2. Menggunakan 2 Main Engine sebesar Rp. 11.314.541.788,76
3. Menggunakan 4 Main Engine sebesar Rp. 11.314.541.788,76

Tabel 4.33 *Present Value* Biaya Pemeliharaan Jangka Waktu 30 Tahun Dengan 3 Jumlah *Main Engine* Berbeda

Pada tahun ke-	Present Value 1 engine	Present Value 2 engine	Present Value 4 engine
0	IDR 0,00	IDR 0,00	IDR 0,00
1	IDR 18.181.818,18	IDR 36.363.636,36	IDR 72.727.272,73
2	IDR 16.859.504,13	IDR 33.719.008,26	IDR 67.438.016,53
3	IDR 15.633.358,38	IDR 31.266.716,75	IDR 62.533.433,51
4	IDR 14.496.386,86	IDR 28.992.773,72	IDR 57.985.547,44
5	IDR 31.046.066,15	IDR 62.092.132,31	IDR 124.184.264,61
6	IDR 12.464.496,60	IDR 24.928.993,20	IDR 49.857.986,41
7	IDR 11.557.987,76	IDR 23.115.975,52	IDR 46.231.951,03
8	IDR 10.717.406,83	IDR 21.434.813,66	IDR 42.869.627,32
9	IDR 9.937.959,06	IDR 19.875.918,12	IDR 39.751.836,24
10	IDR 21.204.880,92	IDR 42.409.761,84	IDR 84.819.523,67
11	IDR 8.545.002,15	IDR 17.090.004,31	IDR 34.180.008,62
12	IDR 7.923.547,45	IDR 15.847.094,90	IDR 31.694.189,81
13	IDR 7.347.289,46	IDR 14.694.578,91	IDR 29.389.157,82
14	IDR 6.812.941,13	IDR 13.625.882,26	IDR 27.251.764,53
15	IDR 14.483.218,99	IDR 28.966.437,97	IDR 57.932.875,95
16	IDR 5.858.003,27	IDR 11.716.006,53	IDR 23.432.013,07
17	IDR 5.431.966,67	IDR 10.863.933,33	IDR 21.727.866,66
18	IDR 5.036.914,54	IDR 10.073.829,09	IDR 20.147.658,18
19	IDR 4.670.593,49	IDR 9.341.186,97	IDR 18.682.373,95
20	IDR 9.892.233,45	IDR 19.784.466,89	IDR 39.568.933,78
21	IDR 4.015.938,40	IDR 8.031.876,80	IDR 16.063.753,60
22	IDR 3.723.870,15	IDR 7.447.740,31	IDR 14.895.480,61
23	IDR 3.453.043,23	IDR 6.906.086,46	IDR 13.812.172,93
24	IDR 3.201.912,82	IDR 6.403.825,63	IDR 12.807.651,26
25	IDR 6.756.528,55	IDR 13.513.057,09	IDR 27.026.114,19
26	IDR 2.753.115,78	IDR 5.506.231,56	IDR 11.012.463,12
27	IDR 2.552.889,18	IDR 5.105.778,35	IDR 10.211.556,71
28	IDR 2.367.224,51	IDR 4.734.449,02	IDR 9.468.898,04
29	IDR 2.195.062,73	IDR 4.390.125,45	IDR 8.780.250,91
30	IDR 4.614.799,91	IDR 9.229.599,82	IDR 18.459.199,64
Total	IDR 273.735.960,71	IDR 547.471.921,42	IDR 1.094.943.842,85
Selisih 1 dan 2	IDR 273.735.960,71		
Selisih 1 dan 4	IDR 821.207.882,13		
Selisih 2 dan 4	IDR 547.471.921,42		

Berdasarkan Tabel 4.35 total *present value* biaya perawatan sampai tahun ke 30 yaitu:

1. Menggunakan 1 Main Engine sebesar Rp. 273.735.960,71
2. Menggunakan 2 Main Engine sebesar Rp. 547.471.921,42
3. Menggunakan 4 Main Engine sebesar Rp. 1.094.943.842,85

Tabel 4.34 *Present Value* Biaya Gaji ABK Jangka Waktu 30 Tahun

Pada tahun ke-	Present Value of Salary
0	IDR 0,00
1	IDR 20.000.000,00
2	IDR 18.545.454,55
3	IDR 17.196.694,21
4	IDR 15.946.025,54
5	IDR 14.786.314,60
6	IDR 13.710.946,26
7	IDR 12.713.786,53
8	IDR 11.789.147,51
9	IDR 10.931.754,97
10	IDR 10.136.718,24
11	IDR 9.399.502,37
12	IDR 8.715.902,20
13	IDR 8.082.018,40
14	IDR 7.494.235,24
15	IDR 6.949.199,95
16	IDR 6.443.803,59
17	IDR 5.975.163,33
18	IDR 5.540.606,00
19	IDR 5.137.652,84
20	IDR 4.764.005,36
21	IDR 4.417.532,24
22	IDR 4.096.257,17
23	IDR 3.798.347,56
24	IDR 3.522.104,10
25	IDR 3.265.951,07
26	IDR 3.028.427,36
27	IDR 2.808.178,10
28	IDR 2.603.946,96
29	IDR 2.414.569,00
30	IDR 2.238.963,98
Total	IDR 246.453.209,23

Berdasarkan Tabel 4.34 nilai *presesnt value* total gaji ABK adalah Rp. 246.453.209,23

Tabel 4.35 *Present Value* Biaya Pendapatan

Pada tahun ke-	Present Value Pendapatan
0	IDR 0,00
1	IDR 1.393.636.363,64
2	IDR 1.292.280.991,74
3	IDR 1.198.296.919,61
4	IDR 1.111.148.052,73
5	IDR 1.030.337.285,26
6	IDR 955.403.664,51
7	IDR 885.919.761,64
8	IDR 821.489.233,52
9	IDR 761.744.561,99
10	IDR 706.344.957,48
11	IDR 654.974.415,12
12	IDR 607.339.912,20
13	IDR 563.169.736,77
14	IDR 522.211.937,73
15	IDR 484.232.887,71
16	IDR 449.015.950,43
17	IDR 416.360.244,94
18	IDR 386.079.499,85
19	IDR 358.000.990,77
20	IDR 331.964.555,08
21	IDR 307.821.678,35
22	IDR 285.434.647,20
23	IDR 264.675.763,76
24	IDR 245.426.617,31
25	IDR 227.577.408,78
26	IDR 211.026.324,50
27	IDR 195.678.955,45
28	IDR 181.447.758,69
29	IDR 168.251.558,06
30	IDR 156.015.081,11
Total	IDR 17.173.307.715,90

Berdasarkan Tabel 4.35 *Present Value* total dari biaya penadapatan sebesar Rp. 17.173.307.175,90.

Setelah didapatkan nilai *PV* dari semua biaya pengeluaran dan pemasukan maka dapat dihitung nilai *Net Present Value (NPV)* dari setiap jumlah main engine

untuk mengetahui investasi yang dilakukan layak atau tidak dengan nilai suku buang setiap tahunnya 10%. Jika nilai NPV>0 maka investasi tersebut layak untuk dilakukan, jika NPV<0 maka investasi tersebut tidak layak untuk dilakukan, sedangkan jika nilai NPV= 0 maka investasi tersebut tidak menguntungkan ataupun merugikan. Berikut merupakan hasil perhitungan NPV nya:

Tabel 4.36 Nilai NPV Dengan 1 *Main Engine*

Pada tahun ke-	Total Pengeluaran	Total Pemasukan	Net Cash Flow	Present Value 1 engine
0	IDR 480.000.000,00	-	-IDR 480.000.000,00	-IDR 480.000.000,00
1	IDR 1.044.820.162,50	IDR 1.533.000.000,00	IDR 488.179.837,50	IDR 443.799.852,27
2	IDR 1.065.716.565,75	IDR 1.563.660.000,00	IDR 497.943.434,25	IDR 411.523.499,38
3	IDR 1.087.030.897,07	IDR 1.594.933.200,00	IDR 507.902.302,94	IDR 381.594.517,61
4	IDR 1.108.771.515,01	IDR 1.626.831.864,00	IDR 518.060.348,99	IDR 353.842.189,05
5	IDR 1.159.298.302,11	IDR 1.659.368.501,28	IDR 500.070.199,17	IDR 310.504.249,69
6	IDR 1.153.565.884,21	IDR 1.692.555.871,31	IDR 538.989.987,09	IDR 304.245.796,27
7	IDR 1.176.637.201,90	IDR 1.726.406.988,73	IDR 549.769.786,83	IDR 282.118.829,27
8	IDR 1.200.169.945,93	IDR 1.760.935.128,51	IDR 560.765.182,57	IDR 261.601.096,23
9	IDR 1.224.173.344,85	IDR 1.796.153.831,08	IDR 571.980.486,22	IDR 242.575.561,96
10	IDR 1.279.754.960,38	IDR 1.832.076.907,70	IDR 552.321.947,32	IDR 212.944.020,39
11	IDR 1.273.629.947,99	IDR 1.868.718.445,85	IDR 595.088.497,87	IDR 208.574.888,15
12	IDR 1.299.102.546,95	IDR 1.906.092.814,77	IDR 606.990.267,82	IDR 193.405.805,38
13	IDR 1.325.084.597,88	IDR 1.944.214.671,06	IDR 619.130.073,18	IDR 179.339.928,62
14	IDR 1.351.586.289,84	IDR 1.983.098.964,49	IDR 631.512.674,64	IDR 166.297.024,72
15	IDR 1.412.728.440,38	IDR 2.022.760.943,78	IDR 610.032.503,40	IDR 146.036.931,17
16	IDR 1.406.190.375,95	IDR 2.063.216.162,65	IDR 657.025.786,70	IDR 142.987.954,15
17	IDR 1.434.314.183,47	IDR 2.104.480.485,90	IDR 670.166.302,43	IDR 132.588.830,21
18	IDR 1.463.000.467,14	IDR 2.146.570.095,62	IDR 683.569.628,48	IDR 122.946.006,20
19	IDR 1.492.260.476,48	IDR 2.189.501.497,53	IDR 697.241.021,05	IDR 114.004.478,47
20	IDR 1.559.519.462,56	IDR 2.233.291.527,49	IDR 673.772.064,92	IDR 100.151.924,19
21	IDR 1.552.547.799,73	IDR 2.277.957.358,03	IDR 725.409.558,30	IDR 98.025.007,77
22	IDR 1.583.598.755,73	IDR 2.323.516.505,20	IDR 739.917.749,47	IDR 90.895.916,30
23	IDR 1.615.270.730,84	IDR 2.369.986.835,30	IDR 754.716.104,46	IDR 84.285.304,20
24	IDR 1.647.576.145,46	IDR 2.417.386.572,01	IDR 769.810.426,55	IDR 78.155.463,90
25	IDR 1.721.563.923,38	IDR 2.465.734.303,45	IDR 744.170.380,07	IDR 68.683.948,04
26	IDR 1.714.138.221,74	IDR 2.515.048.989,51	IDR 800.910.767,78	IDR 67.200.780,69
27	IDR 1.748.420.986,17	IDR 2.565.349.969,30	IDR 816.928.983,13	IDR 62.313.451,19
28	IDR 1.783.389.405,89	IDR 2.616.656.968,69	IDR 833.267.562,80	IDR 57.781.563,83
29	IDR 1.819.057.194,01	IDR 2.668.990.108,06	IDR 849.932.914,05	IDR 53.579.268,28
30	IDR 1.900.446.944,09	IDR 2.722.369.910,23	IDR 821.922.966,14	IDR 47.103.216,11
Total	IDR 42.603.365.675,38	IDR 62.190.865.421,52	IDR 19.107.499.746,15	IDR 4.939.107.303,74
			NPV	IDR 4.939.107.303,74
			KESIMPULAN	INVESTASI LAYAK

Nilai NPV pada penggunaan 1 *main engine* yaitu sebesar Rp. 4.939.107.303,74

Tabel 4.37 Nilai NPV Dengan 2 *Main Engine*

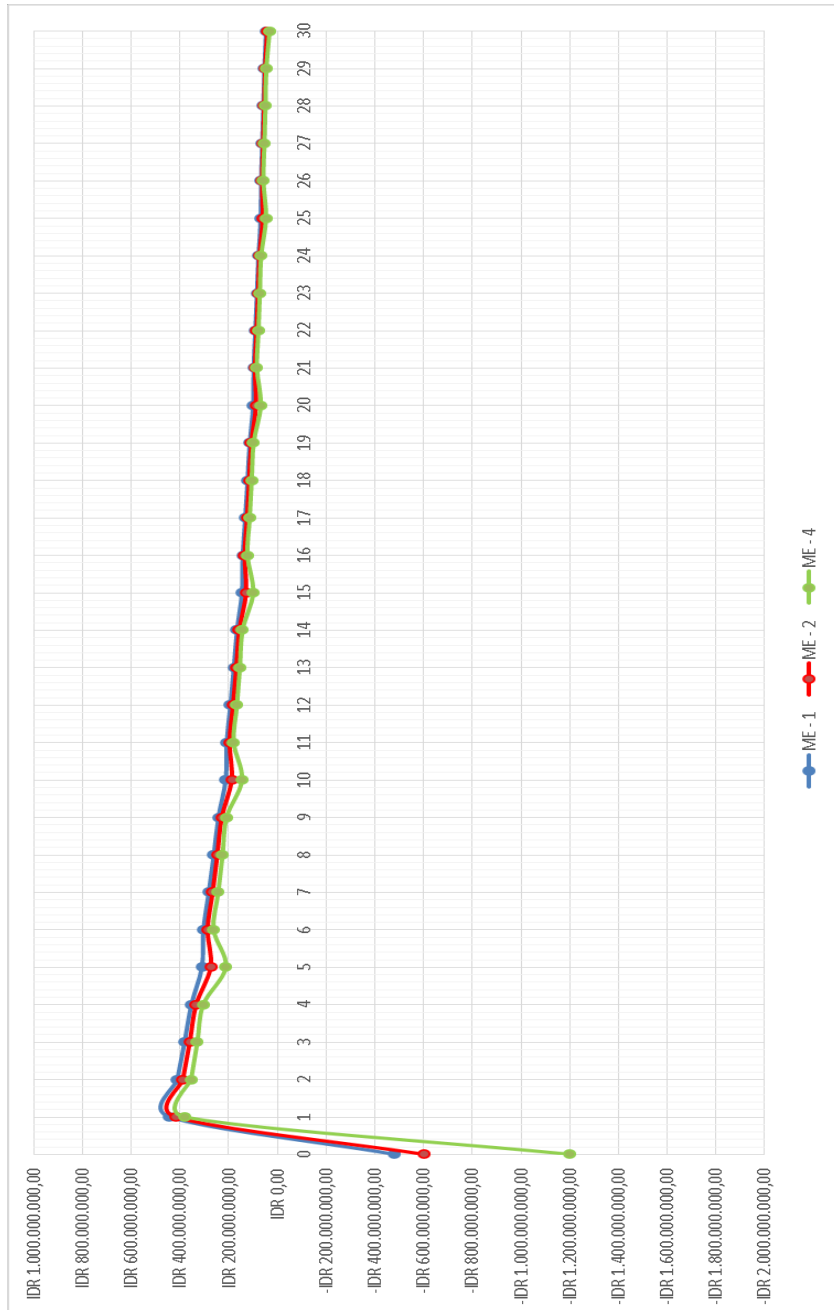
Pada tahun ke-	Total Pengeluaran	Total Pemasukan	Net Cash Flow	Present Value 2 engine
0	IDR 600.000.000,00	-	-IDR 600.000.000,00	-IDR 600.000.000,00
1	IDR 1.072.008.837,50	IDR 1.533.000.000,00	IDR 460.991.162,50	IDR 419.082.875,00
2	IDR 1.093.449.014,25	IDR 1.563.660.000,00	IDR 470.210.985,75	IDR 388.604.120,45
3	IDR 1.115.317.994,54	IDR 1.594.933.200,00	IDR 479.615.205,47	IDR 360.342.002,60
4	IDR 1.137.624.354,43	IDR 1.626.831.864,00	IDR 489.207.509,57	IDR 334.135.311,50
5	IDR 1.217.079.555,11	IDR 1.659.368.501,28	IDR 442.288.946,17	IDR 274.626.637,63
6	IDR 1.183.584.378,34	IDR 1.692.555.871,31	IDR 508.971.492,96	IDR 287.301.138,92
7	IDR 1.207.256.065,91	IDR 1.726.406.988,73	IDR 519.150.922,82	IDR 266.406.510,63
8	IDR 1.231.401.187,23	IDR 1.760.935.128,51	IDR 529.533.941,28	IDR 247.031.491,68
9	IDR 1.256.029.210,97	IDR 1.796.153.831,08	IDR 540.124.620,10	IDR 229.065.565,01
10	IDR 1.343.346.092,45	IDR 1.832.076.907,70	IDR 488.730.815,25	IDR 188.426.886,16
11	IDR 1.306.772.791,10	IDR 1.868.718.445,85	IDR 561.945.654,75	IDR 196.958.523,83
12	IDR 1.332.908.246,92	IDR 1.906.092.814,77	IDR 573.184.567,85	IDR 182.634.267,55
13	IDR 1.359.566.411,86	IDR 1.944.214.671,06	IDR 584.648.259,21	IDR 169.351.775,37
14	IDR 1.386.757.740,10	IDR 1.983.098.964,49	IDR 596.341.224,39	IDR 157.035.282,61
15	IDR 1.482.713.744,37	IDR 2.022.760.943,78	IDR 540.047.199,40	IDR 129.283.005,82
16	IDR 1.442.782.752,79	IDR 2.063.216.162,65	IDR 620.433.409,86	IDR 135.024.386,80
17	IDR 1.471.638.407,85	IDR 2.104.480.485,90	IDR 632.842.078,05	IDR 125.204.431,40
18	IDR 1.501.071.176,01	IDR 2.146.570.095,62	IDR 645.498.919,61	IDR 116.098.654,57
19	IDR 1.531.092.599,53	IDR 2.189.501.497,53	IDR 658.408.898,01	IDR 107.655.116,06
20	IDR 1.636.542.004,62	IDR 2.233.291.527,49	IDR 596.749.522,87	IDR 88.703.014,10
21	IDR 1.592.948.740,55	IDR 2.277.957.358,03	IDR 685.008.617,49	IDR 92.565.605,57
22	IDR 1.624.807.715,36	IDR 2.323.516.505,20	IDR 698.708.789,84	IDR 85.833.561,53
23	IDR 1.657.303.869,67	IDR 2.369.986.835,30	IDR 712.682.965,63	IDR 79.591.120,69
24	IDR 1.690.449.947,06	IDR 2.417.386.572,01	IDR 726.936.624,94	IDR 73.802.675,55
25	IDR 1.806.331.456,02	IDR 2.465.734.303,45	IDR 659.402.847,42	IDR 60.860.244,00
26	IDR 1.758.744.124,92	IDR 2.515.048.989,51	IDR 756.304.864,59	IDR 63.458.102,19
27	IDR 1.793.919.007,42	IDR 2.565.349.969,30	IDR 771.430.961,88	IDR 58.842.967,48
28	IDR 1.829.797.387,57	IDR 2.616.656.968,69	IDR 786.859.581,12	IDR 54.563.478,94
29	IDR 1.866.393.335,32	IDR 2.668.990.108,06	IDR 802.596.772,74	IDR 50.595.225,92
30	IDR 1.993.738.414,41	IDR 2.722.369.910,23	IDR 728.631.495,81	IDR 41.756.816,91
Total	IDR 43.923.376.564,18	IDR 62.190.865.421,52	IDR 17.667.488.857,34	IDR 4.464.840.796,49
			NPV	IDR 4.464.840.796,49
			KESIMPULAN	INVESTASI LAYAK

Nilai NPV pada penggunaan 2 *main engine* yaitu sebesar Rp. 4.464.840.796,49

Tabel 4.38 Nilai NPV Dengan 4 *Main Engine*

Pada tahun ke-	Total Pengeluaran	Total Pemasukan	Net Cash Flow	Present Value 4 engine
0	IDR 1.200.000.000,00	-	-IDR 1.200.000.000,00	-IDR 1.200.000.000,00
1	IDR 1.112.008.837,50	IDR 1.533.000.000,00	IDR 420.991.162,50	IDR 382.719.238,64
2	IDR 1.134.249.014,25	IDR 1.563.660.000,00	IDR 429.410.985,75	IDR 354.885.112,19
3	IDR 1.156.933.994,54	IDR 1.594.933.200,00	IDR 437.999.205,47	IDR 329.075.285,85
4	IDR 1.180.072.674,43	IDR 1.626.831.864,00	IDR 446.759.189,57	IDR 305.142.537,79
5	IDR 1.317.079.555,11	IDR 1.659.368.501,28	IDR 342.288.946,17	IDR 212.534.505,32
6	IDR 1.227.747.610,47	IDR 1.692.555.871,31	IDR 464.808.260,83	IDR 262.372.145,71
7	IDR 1.252.302.562,68	IDR 1.726.406.988,73	IDR 474.104.426,05	IDR 243.290.535,12
8	IDR 1.277.348.613,94	IDR 1.760.935.128,51	IDR 483.586.514,57	IDR 225.596.678,02
9	IDR 1.302.895.586,21	IDR 1.796.153.831,08	IDR 493.258.244,86	IDR 209.189.646,89
10	IDR 1.453.346.092,45	IDR 1.832.076.907,70	IDR 378.730.815,25	IDR 146.017.124,32
11	IDR 1.355.532.567,90	IDR 1.868.718.445,85	IDR 513.185.877,95	IDR 179.868.519,52
12	IDR 1.382.643.219,26	IDR 1.906.092.814,77	IDR 523.449.595,51	IDR 166.787.172,65
13	IDR 1.410.296.083,64	IDR 1.944.214.671,06	IDR 533.918.587,42	IDR 154.657.196,46
14	IDR 1.438.502.005,31	IDR 1.983.098.964,49	IDR 544.596.959,17	IDR 143.409.400,35
15	IDR 1.603.713.744,37	IDR 2.022.760.943,78	IDR 419.047.199,40	IDR 100.316.567,85
16	IDR 1.496.617.486,33	IDR 2.063.216.162,65	IDR 566.598.676,32	IDR 123.308.380,27
17	IDR 1.526.549.836,05	IDR 2.104.480.485,90	IDR 577.930.649,85	IDR 114.340.498,07
18	IDR 1.557.080.832,78	IDR 2.146.570.095,62	IDR 589.489.262,85	IDR 106.024.825,48
19	IDR 1.588.222.449,43	IDR 2.189.501.497,53	IDR 601.279.048,10	IDR 98.313.929,08
20	IDR 1.769.642.004,62	IDR 2.233.291.527,49	IDR 463.649.522,87	IDR 68.918.547,21
21	IDR 1.652.386.636,39	IDR 2.277.957.358,03	IDR 625.570.721,65	IDR 84.533.728,77
22	IDR 1.685.434.369,12	IDR 2.323.516.505,20	IDR 638.082.136,08	IDR 78.385.821,23
23	IDR 1.719.143.056,50	IDR 2.369.986.835,30	IDR 650.843.778,80	IDR 72.685.034,23
24	IDR 1.753.525.917,63	IDR 2.417.386.572,01	IDR 663.860.654,38	IDR 67.398.849,92
25	IDR 1.952.741.456,02	IDR 2.465.734.303,45	IDR 512.992.847,42	IDR 47.347.186,91
26	IDR 1.824.368.364,70	IDR 2.515.048.989,51	IDR 690.680.624,81	IDR 57.951.870,63
27	IDR 1.860.855.731,99	IDR 2.565.349.969,30	IDR 704.494.237,31	IDR 53.737.189,13
28	IDR 1.898.072.846,63	IDR 2.616.656.968,69	IDR 718.584.122,06	IDR 49.829.029,92
29	IDR 1.936.034.303,57	IDR 2.668.990.108,06	IDR 732.955.804,50	IDR 46.205.100,47
30	IDR 2.154.789.414,41	IDR 2.722.369.910,23	IDR 567.580.495,81	IDR 32.527.217,10
Total	IDR 45.980.136.868,23	IDR 62.190.865.421,52	IDR 15.010.728.553,29	IDR 3.317.368.875,07
			NPV	IDR 3.317.368.875,07
			KESIMPULAN	INVESTASI LAYAK

Nilai NPV pada penggunaan 4 *main engine* yaitu sebesar Rp. 3.317.368.875,07.



Gambar 4.17 Grafik Nilai NPV

Jika melihat berdasarkan tabel perhitungan nilai NPV maka investasi yang dilakukan adalah layak, karena dari tiga simulasi diatas, baik dengan 1 *main engine*, 2 *main engine*, dan 4 *main engine* nilai NPV>0.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari data hasil analisa tentang kajian teknis dan ekonomis perancangan *deck mounted thruster* dengan *payload* 80 ton sebagai penggerak utama kapal, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapal Ro-Ro *barge* yang dirancang dengan dimensi L_{wl} 15,45 meter, lebar 7 meter, tinggi 2,1 meter, memiliki nilai tahanan dinas kapal 12,3 kN. Nilai validasi antara perhitungan rumus dan analisa *software maxsurf* yaitu 8,13% dan memenuhi syarat ketentuan nilai validasi $<15\%$.
2. Untuk kapal dengan jumlah *main engine* 1 buah besarnya daya kapal yang didapat yaitu 101 kW, sehingga dipilih *Engine* dengan merk Thrustmaster type OD150 dengan kapasitas daya *engine* 112 kW.
3. Kapal dengan jumlah *main engine* 2 buah besarnya daya kapal yang didapat yaitu 51 kW dan dipilih *engine* dengan merk Thrustmaster type OD 100 dengan kapasitas masing-masing daya *engine* 75 kW
4. Kapal dengan jumlah *main engine* 4 buah besarnya daya kapal yang didapat yaitu 51 kW dan *engine* yang dipilih sama seperti kapal dengan 2 *main engine*. Meskipun jumlah *main engine* 4 buah, kapal ini hanya mengoperasikan *engine*-nya 2 saja secara bergantian.
5. Biaya Investasi yang harus dikeluarkan untuk 1 buah *main engine* sebesar Rp. 448.000.000,- , 2 buah *main engine* sebesar Rp. 600.000.000,-, sedangkan untuk 4 buah *main engine* sebesar Rp. 1.200.000.000,-
6. Hingga tahun ke-30 total biaya operasional untuk 1 *main engine* sebesar Rp. 42.603.365.675,38 , 2 *main engine* sebesar Rp. 43.923.376.564,18 , 4 *main engine* sebesar Rp. 45.980.136.868,23
7. Total biaya pendapatan ketika kapal beroperasi hingga tahun ke-30 untuk 1, 2 maupun 4 *main engine* sebesar Rp. 62.190.865.421,52
8. Kelayakan investasi berdasarkan NPV dari penerapan 3 jumlah *main engine* yang berbeda berturut-turut yaitu Rp. Rp. 4.939.107.303,74, Rp. 4.464.840.796,49, Rp. 3.317.368.875,07
9. Kelayakan investasi berdasarkan NPV dari penerapan 3 jumlah *main engine* dikatakan layak dilakukan karena nilai $NPV > 0$

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan maksimal pada penelitian selanjutnya, berikut merupakan saran-saran agar penelitian ini menjadi sempurna:

1. Diperlukannya perhitungan stabilitas pada kapal yang menggunakan *deck mounted thruster*. Serta harus dilakukan perbandingan penggunaan *engine deck monted thruster* dengan penggunaan *engine* konvensional untuk mengetahui *engine* yang lebih efisien

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adji, Surjo W. 2009. *Resistance and Propulsion System*. Surabaya
- [2] Murtadha, I.A., 2017. “*Desain Flat Top Barge 300 feet Menggunakan Portable Dynamic Positioning System*”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [3] Purnomo, Taufiq A, 2016. “*Analisa Perancangan Sistem Propulsi Water Jet Sebagai Propulsi Alternatif Pada Kapal Patroli Cepat 61 M*”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [4] Priyanda, Rizky, 2016. “*Kajian Teknis Perubahan Kapal Tongkang Menjadi Kapal Container Untuk Mendukung Percepatan Tol Laut*”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [5] Prasetya, Hangga K, 2016. “*Perencanaan Sistem Propulsi Hybrid Untuk Kapal Fast Patrol Boat 60M*”. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- [6] Kwasiieckyj, B. 2013. “*Hybrid Propulsion Systems Efficiency Analysis and Design Methodology of Hybrid Propulsion*”. In B. Kwasiieckyj. Ausburg: Delf University of Technology.
- [7] <https://www.thrustmaster.net>

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN



HYDRAULIC OUTBOARD PROPULSION UNITS

Thrustmaster's Outboard Drives are self-contained, hydraulic propulsion units that can quickly be installed on the deck or transom of any vessel to provide pinpoint maneuverability and propulsion. Freely rotating through 360° of steering range, the outboard drives are extremely responsive and ideal for tight quarter maneuvering and positioning applications.

The transmission of each thruster is a hydrostatic drive - a smoother, more reliable alternative to mechanical transmissions.

In a hydrostatic system, gears, drive shafts, bearings, clutches and other complicated parts are replaced with simple hydraulic hoses and fluid.

The hydraulic drive acts as a torque converter providing unlimited propeller speed control while protecting the engine from overloading. The engine runs at constant speed, just like a generator. Full engine torque is available at any propeller speed.

The propeller shaft is directly driven by a hydraulic motor in the pod (the lower foot) of the unit. Rotating inertia is limited to the rotor of the hydraulic motor, the propeller shaft and the propeller itself. By virtue of this very low rotating inertia, the hydraulic drive easily absorbs the shock whenever the propeller hits bottom or is blocked

by a floating log or other obstruction. The shock is further limited and dampened by pressure compensation and hydraulic reliefs.

Thrustmaster's hydrostatic transmission pump is the powerhouse of the hydraulic system. The engine is directly driving the pump - not the thruster. This pump controls the thruster through infinitely variable displacement. This means the propeller speed can be accurately controlled anywhere between standstill and maximum, both forward and reverse, without altering engine speed. From full forward to full reverse in five seconds.

A hydraulic power tilt system capable of elevating the outboard drive assembly through an arc of 90° and on some units even 180° is available as one of the options. This allows instant access for clearing of ropes or logs fouling the propeller. The tilt system incorporates relief valves that allow the outdrive assembly to kick up in the event it encounters a subsurface obstruction or in the case of grounding.

An optional hydraulically powered propeller depth adjustment mechanism can vary the propeller depth for light and loaded draft conditions.



INTEGRATED HYDRAULIC OUTBOARD PROPULSION UNITS

The Thrustmaster series of deck-mounted outboard propulsion units are virtually maintenance free and provide years of operation in the harshest environments. The units feature 360° steering with 90° or 180° hydraulic power kick-up and optional propeller depth lifts. All units are available with or without nozzles. Nozzles increase slow speed pushing power by about 30%.

tech specs

Model	Power		Max Stem Length		Propeller Diameter		Steering Through Range
	HP	kW	ft	m	in	mm	
OD100	100	75	12	4	36	914	360°
OD110N	110	75	10	3	24	610	360°
OD130	130	112	12	4	38	965	360°
OD150N	150	112	10	3	28	711	360°
OD300	300	224	12	4	44	1118	360°
OD300N	300	224	18	5.5	39	991	360°

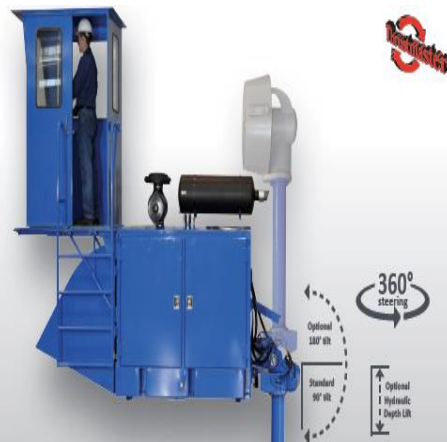
Note: Models with "N" suffix indicate units with nozzle.

OVERVIEW

- Self-Contained Propulsion Unit
- Deck-mounted
- 360 Degree Steering
- Outdrive leg Kick-up / Tilt
- Optional Hydraulic Depth Lift
- Shallow Water Operation

APPLICATIONS

- Barges
- Double Ended Car Ferries
- Dredgers
- Lift boats
- Maintenance Vessels
- Construction Vessels
- Cleanup Vessels
- Landing Crafts





Weichai Deutz WP4C (TD226B-4C) series marine diesel engine 82HP-140HP		
Model		WP4C102-21
Type		4 stroke, water cooling., In-line, Wet liner
Intake type		Turbocharged
Cylinder Nos.		4
Bore x stroke	(mm)	105x130
Displacement	(L)	4.5
Compression Ratio		18
Power KW	(KW)	75KW
Power HP	(HP)	102HP
Rated Speed	RPM	2100RPM
Idle speed	RPM	650±30
Min fuel consumption	(g.KW/h)	195
Min lube oil consumption	(g.KW/h)	0.8
Smoke	RB	1.2
Emission standard		IMO Tier II
Noise	[dB(A)]	≤105
Direction		Clockwise (face to free end)
Fire order		1-3-4-2
Starting mode		Electronical starting
Net weight	(Kg)	600
Size (LxWxH)	(mm)	1058x820x1061
Overhaul period	(Hour)	12000
Application		Fishing boat, working boat, transport ship



6CH-HTE3/WUTE

M • L-rating 125~206kW (170~280hp)

YANMAR



- Direct injection, heat exchanger cooling.
- Turbocharger + intercooler.
- Durable hydraulic marine gear.
- 6CH-WUTE conform to IMO Tier II emissions regulations.

Specifications

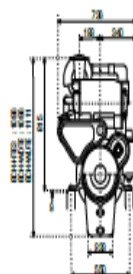
Model	6CH-HTE3	6CH-WUTE
Number of cylinders	6 in-line	
Bore × stroke	mm 105 × 125	
Displacement	lit. 6.494	
Rated output	M : 125/170V/2550 L : 140/190V/2600	M : 168/255V/2550 L : 206/280V/2600
Combustion system	Direct injection	
Aspiration	Turbocharger + intercooler	
Starting system	Electric starting motor (24V 4.0kW)	
Cooling system	Heat exchanger	
Marine gear	Hydraulic	
Size of flywheel housing and flywheel	SAE #3 and 11-1/2 in.	
Dry mass (with marine gear)	kg 895	940
Dimensions L×W×H	mm 1575×736×1096	1600×736×1111

Marine gear specifications

Engine model : 6CH-HTE3, 6CH-WUTE	
Model	YX-71
Type	Hydraulic multi-disc clutch, wet type
Reduction ratio (Ahead)	2.07 2.58 2.91 3.53
Direction of rotation (propeller shaft)	Clockwise or counter-clockwise viewed from stern
Dry weight	kg 220

Dimensions Unit:mm

Engine only / Front view



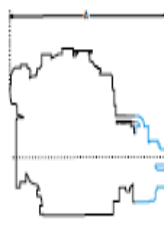
Engine only / Left side view



With gearbox / Front view



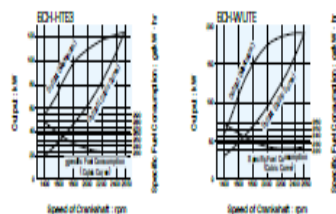
With gearbox / Left side view

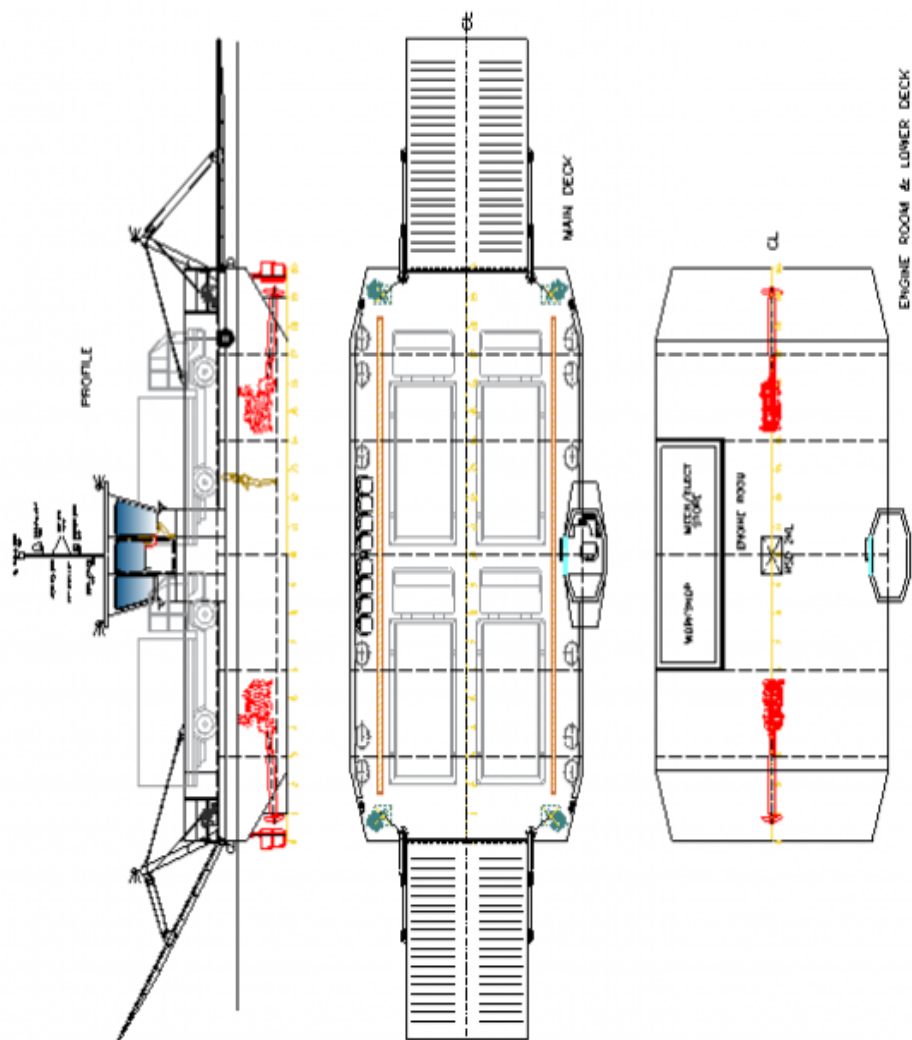


	A	B	C	D	E	F	G	H	I
6CH-HTE3×YX-71	1800	1098	736	193	340	815	9	283	550
6CH-WUTE×YX-71	1800	1111	736	193	340	815	9	283	550

— Marine gear

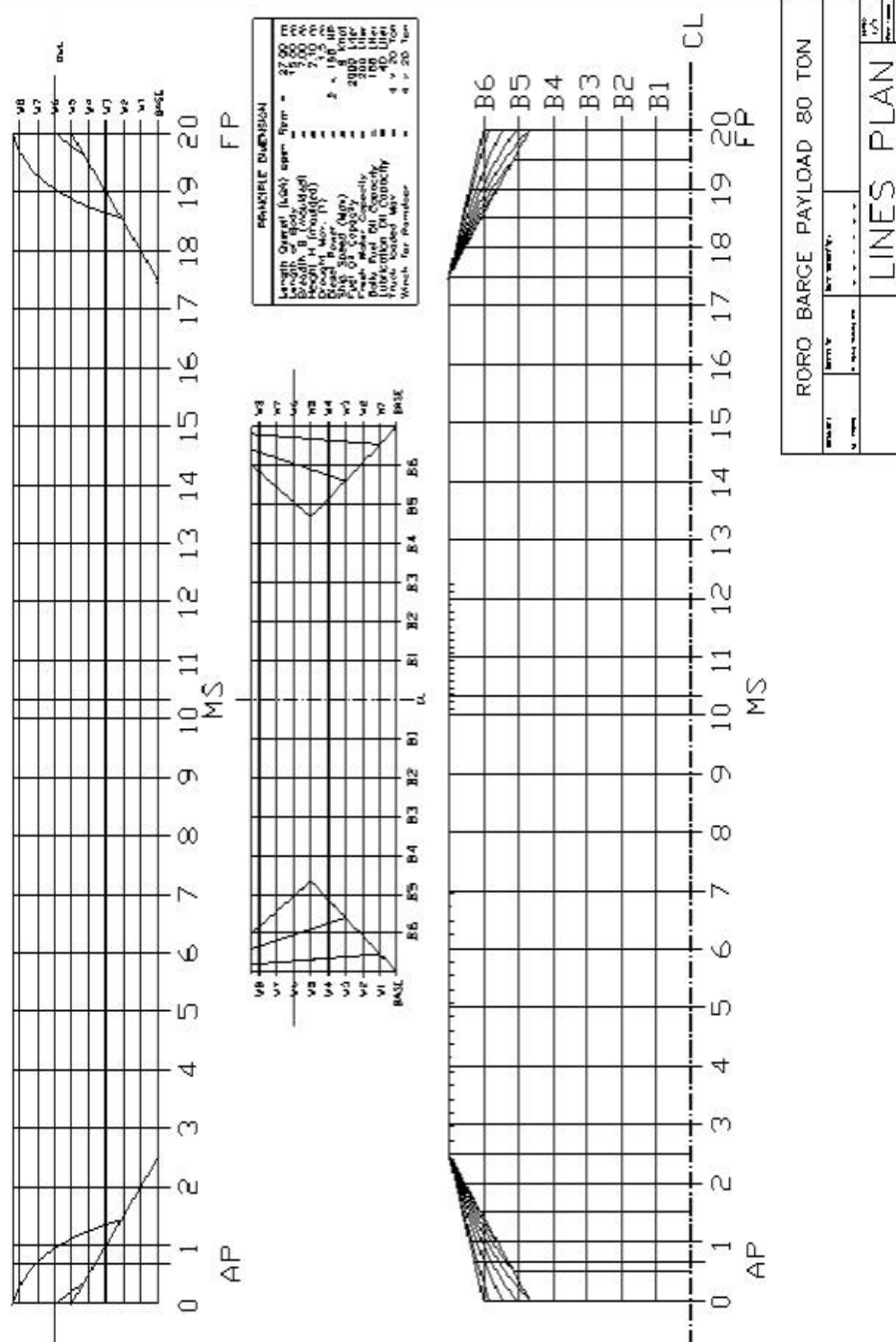
Performance curves



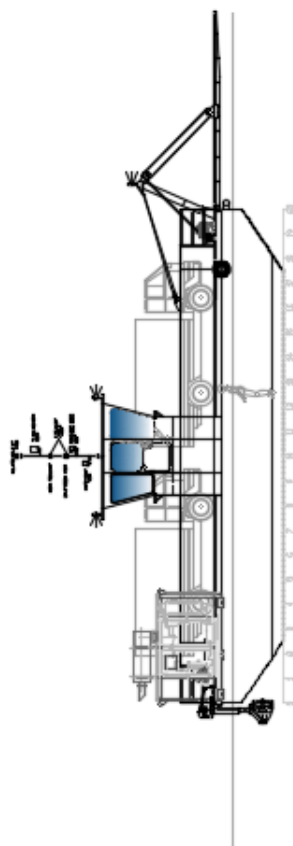


PRINCIPLE DIMENSION	
Length Overall (LOA) open	27.00 m
Length of Body	17.00 m
Breadth B (moulded)	2.00 m
Height H (moulded)	2.10 m
Draught Max. (T)	2 x 1.00 m
Shoal draft (Max.)	0.70 m
Fuel Oil Capacity	2600 Liter
Fresh Water Capacity	2000 Liter
Daily Fuel Oil Capacity	100 Liter
Lubrication Oil Capacity	40 Liter
Truck loaded Max.	4 x 20 Ton
Winch for Rowdour	4 x 20 Ton

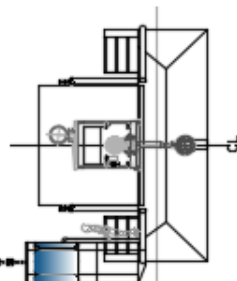
RORO BARCE PAYLOAD 80 TON	
DATE IN	DATE OUT
NO. TONS	NO. TONS
GENERAL ARRANGEMENT	
DATE	TIME



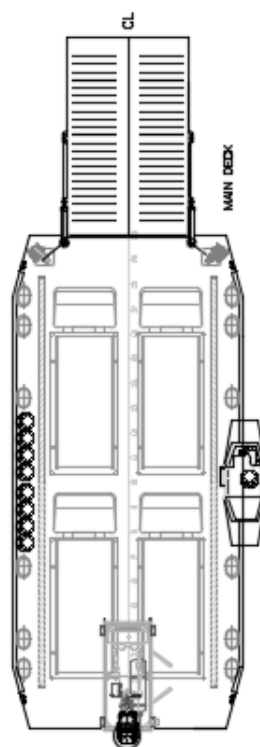
SIDE VIEW



FRONT VIEW



TOP VIEW

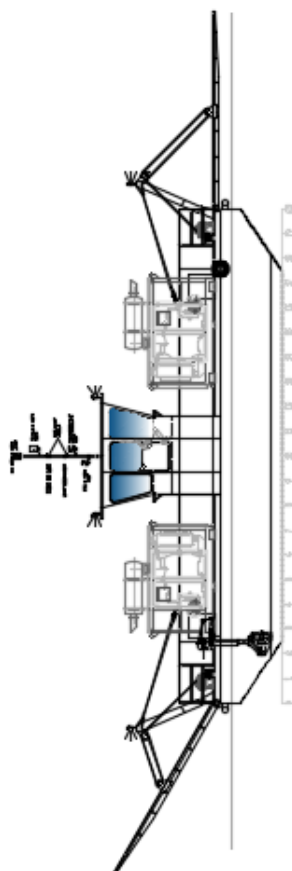


PRINCIPLE DIMENSION	
Length Overall (LOA)	27.00 m
Length of Body	15.00 m
Breadth B (moulded)	7.00 m
Height H (moulded)	2.10 m
Draught Max. (T)	1.5 m
Depth of hold	1 x 11.2 m
Special Stowage (Max)	8 m
Fuel Oil Capacity	2000 Liter
Fresh Water Capacity	200 Liter
Daily Fuel Oil Capacity	100 Liter
Lubrication Oil Capacity	40 Liter
Truck loaded Max.	4 x 20 Ton
Winch for Ramdoor	4 x 20 Ton

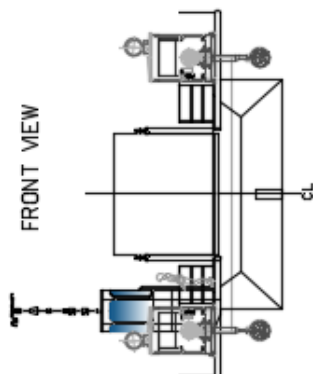
RORO BARGE PAYLOAD 80 TON

Scale 1:1	Scale 1:1	Scale 1:1	Scale 1:1
A. Main Structure	B. Deck	C. Hull	D. Other
GENERAL ARRANGEMENT			
BY 0000, 00.00			

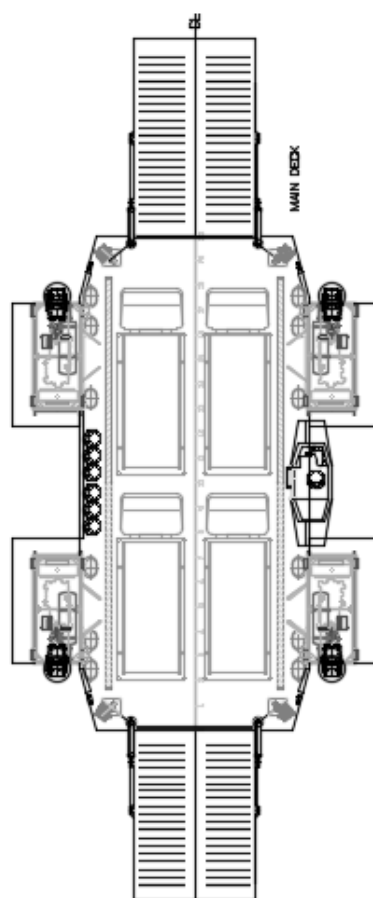
SIDE VIEW



FRONT VIEW



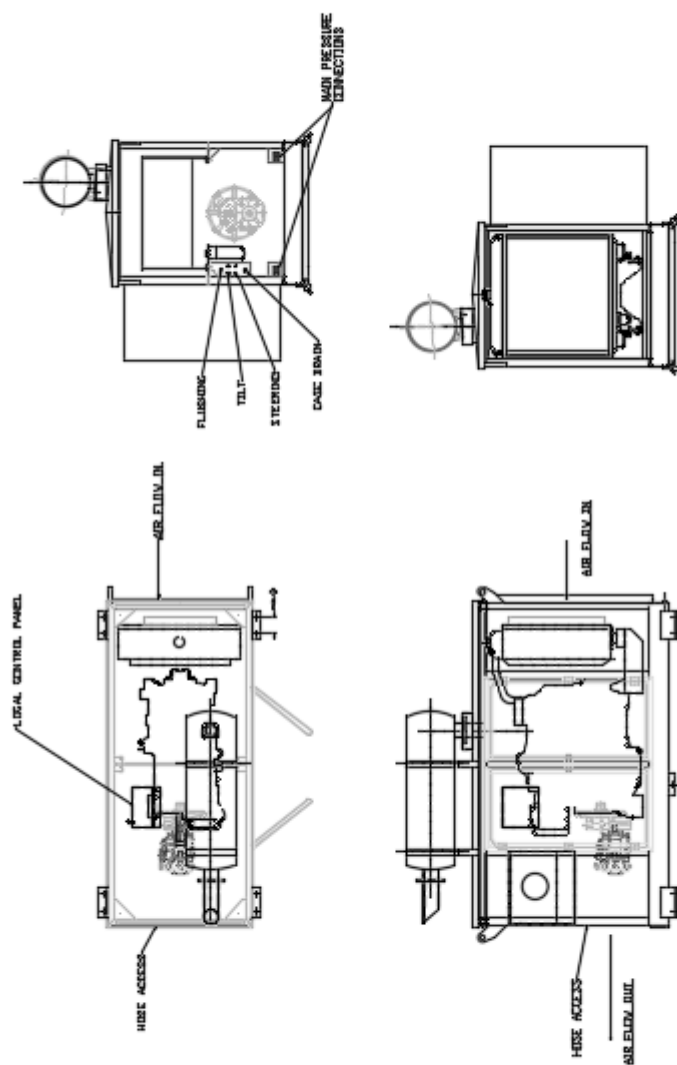
TOP VIEW



PRINCIPLE DIMENSION	
Length Overall (LOA) open Ram	= 27.00 m
Length Overall (LOA) closed	= 15.00 m
Beam B (moulded)	= 12.00 m
Height H (moulded)	= 2.10 m
Draught Max. (T)	= 1.5 m
Displacement	= 4 x 75 t
Ship Speed (Max)	= 9 Knot
Fuel Oil Capacity	= 2000 Liter
Water Capacity	= 300 Liter
Daily Fuel Oil Capacity	= 100 Liter
Lubrication Oil Capacity	= 40 Liter
Truck loaded Max.	= 4 x 20 Ton
Winch for Ramdoor	= 4 x 20 Ton

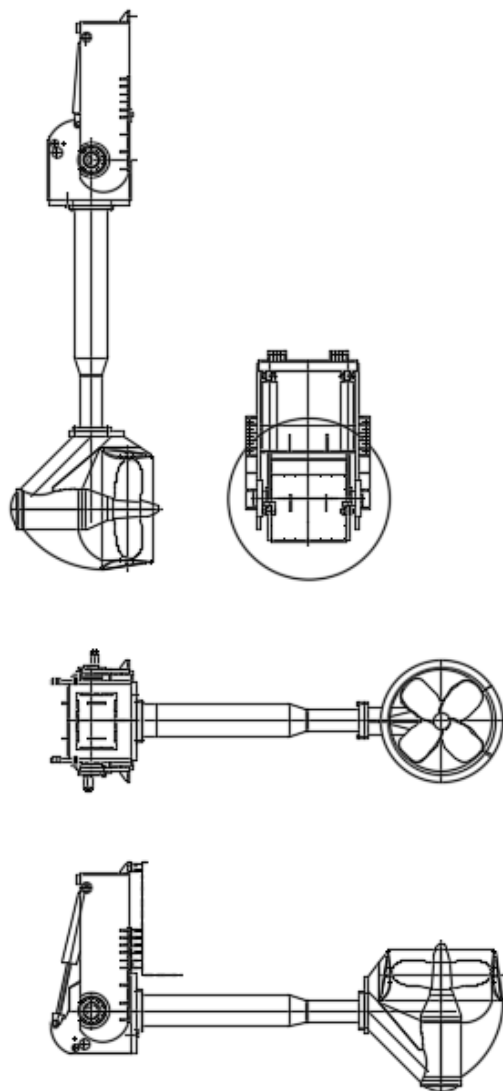
RORO BARGE PAYLOAD 80 TON

Scale: 1:10	Drawn by: ...	Checked by: ...	Approved by: ...
GENERAL ARRANGEMENT			
FOR REFERENCE ONLY			



HYDRAULIC POWER UNIT
OD-150

OD 150
THRUSTMASTER



Biaya Total Operasional 1 Main Engine

No.	Information	0	1	2	3	4
1.	Main Engine	Rp 448.000.000	-	-	-	-
2.	Biaya Bahan Bakar	-	Rp 1.002.820.163	Rp 1.022.876.566	Rp 1.043.334.097	Rp 1.064.200.779
3.	Biaya Perawatan	-	Rp 20.000.000	Rp 20.400.000	Rp 20.808.000	Rp 21.224.160
4.	Biaya Gaji ABK	-	Rp 22.000.000	Rp 22.440.000	Rp 22.888.800	Rp 23.346.576
Total		Rp 448.000.000	Rp 1.044.820.163	Rp 1.065.716.566	Rp 1.087.030.897	Rp 1.108.771.515

5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-
Rp 1.085.484.795	Rp 1.107.194.490	Rp 1.129.338.380	Rp 1.151.925.148	Rp 1.174.963.651	Rp 1.198.462.924
Rp 50.000.000	Rp 22.081.616	Rp 22.523.248	Rp 22.973.713	Rp 23.433.188	Rp 55.000.000
Rp 23.813.508	Rp 24.289.778	Rp 24.775.573	Rp 25.271.085	Rp 25.776.506	Rp 26.292.037
Rp 1.159.298.302	Rp 1.153.565.884	Rp 1.176.637.202	Rp 1.200.169.946	Rp 1.224.173.345	Rp 1.279.754.960

11	12	13	14	15
-	-	-	-	-
Rp 1.222.432.182	Rp 1.246.880.826	Rp 1.271.818.443	Rp 1.297.254.811	Rp 1.323.199.908
Rp 24.379.888	Rp 24.867.486	Rp 25.364.836	Rp 25.872.133	Rp 60.500.000
Rp 26.817.877	Rp 27.354.235	Rp 27.901.319	Rp 28.459.346	Rp 29.028.533
Rp 1.273.629.948	Rp 1.299.102.547	Rp 1.325.084.598	Rp 1.351.586.290	Rp 1.412.728.440

16	17	18	19	20
-	-	-	-	-
Rp 1.349.663.906	Rp 1.376.657.184	Rp 1.404.190.328	Rp 1.432.274.134	Rp 1.460.919.617
Rp 26.917.367	Rp 27.455.714	Rp 28.004.828	Rp 28.564.925	Rp 66.550.000
Rp 29.609.103	Rp 30.201.286	Rp 30.805.311	Rp 31.421.417	Rp 32.049.846
Rp 1.406.190.376	Rp 1.434.314.183	Rp 1.463.000.467	Rp 1.492.260.476	Rp 1.559.519.463

21	22	23	24	25
-	-	-	-	-
Rp 1.490.138.009	Rp 1.519.940.769	Rp 1.550.339.585	Rp 1.581.346.376	Rp 1.612.973.304
Rp 29.718.948	Rp 30.313.327	Rp 30.919.593	Rp 31.537.985	Rp 73.205.000
Rp 32.690.843	Rp 33.344.660	Rp 34.011.553	Rp 34.691.784	Rp 35.385.619
Rp 1.552.547.800	Rp 1.583.598.756	Rp 1.615.270.731	Rp 1.647.576.145	Rp 1.721.563.923

26	27	28	29	30
-	-	-	-	-
Rp 1.645.232.770	Rp 1.678.137.425	Rp 1.711.700.174	Rp 1.745.934.177	Rp 1.780.852.861
Rp 32.812.120	Rp 33.468.362	Rp 34.137.730	Rp 34.820.484	Rp 80.525.500
Rp 36.093.332	Rp 36.815.199	Rp 37.551.502	Rp 38.302.533	Rp 39.068.583
Rp 1.714.138.222	Rp 1.748.420.986	Rp 1.783.389.406	Rp 1.819.057.194	Rp 1.900.446.944

Biaya Total Operasional 2 Main Engine

No.	Information	0	1	2	3	4
1.	Main Engine	Rp 600.000.000	-	-	-	-
2.	Biaya Bahan Bakar	-	Rp 1.010.008.838	Rp 1.030.209.014	Rp 1.050.813.195	Rp 1.071.829.458
3.	Biaya Perawatan	-	Rp 40.000.000	Rp 40.800.000	Rp 41.616.000	Rp 42.448.320
4.	Biaya Gaji ABK	-	Rp 22.000.000	Rp 22.440.000	Rp 22.888.800	Rp 23.346.576
Total		Rp 600.000.000	Rp 1.072.008.838	Rp 1.093.449.014	Rp 1.115.317.995	Rp 1.137.624.354

5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-
Rp 1.093.266.048	Rp 1.115.131.369	Rp 1.137.433.996	Rp 1.160.182.676	Rp 1.183.386.329	Rp 1.207.054.056
Rp 100.000.000	Rp 44.163.232	Rp 45.046.497	Rp 45.947.427	Rp 46.866.375	Rp 110.000.000
Rp 23.813.508	Rp 24.289.778	Rp 24.775.573	Rp 25.271.085	Rp 25.776.506	Rp 26.292.037
Rp 1.217.079.555	Rp 1.183.584.378	Rp 1.207.256.066	Rp 1.231.401.187	Rp 1.256.029.211	Rp 1.343.346.092

11	12	13	14	15
-	-	-	-	-
Rp 1.231.195.137	Rp 1.255.819.040	Rp 1.280.935.421	Rp 1.306.554.129	Rp 1.332.685.212
Rp 48.759.777	Rp 49.734.972	Rp 50.729.672	Rp 51.744.265	Rp 121.000.000
Rp 26.817.877	Rp 27.354.235	Rp 27.901.319	Rp 28.459.346	Rp 29.028.533
Rp 1.306.772.791	Rp 1.332.908.247	Rp 1.359.566.412	Rp 1.386.757.740	Rp 1.482.713.744

16	17	18	19	20
-	-	-	-	-
Rp 1.359.338.916	Rp 1.386.525.694	Rp 1.414.256.208	Rp 1.442.541.332	Rp 1.471.392.159
Rp 53.834.734	Rp 54.911.428	Rp 56.009.657	Rp 57.129.850	Rp 133.100.000
Rp 29.609.103	Rp 30.201.286	Rp 30.805.311	Rp 31.421.417	Rp 32.049.846
Rp 1.442.782.753	Rp 1.471.638.408	Rp 1.501.071.176	Rp 1.531.092.600	Rp 1.636.542.005

21	22	23	24	25
-	-	-	-	-
Rp 1.500.820.002	Rp 1.530.836.402	Rp 1.561.453.130	Rp 1.592.682.193	Rp 1.624.535.837
Rp 59.437.896	Rp 60.626.654	Rp 61.839.187	Rp 63.075.971	Rp 146.410.000
Rp 32.690.843	Rp 33.344.660	Rp 34.011.553	Rp 34.691.784	Rp 35.385.619
Rp 1.592.948.741	Rp 1.624.807.715	Rp 1.657.303.870	Rp 1.690.449.947	Rp 1.806.331.456

26	27	28	29	30
-	-	-	-	-
Rp 1.657.026.553	Rp 1.690.167.084	Rp 1.723.970.426	Rp 1.758.449.835	Rp 1.793.618.831
Rp 65.624.240	Rp 66.936.725	Rp 68.275.459	Rp 69.640.968	Rp 161.051.000
Rp 36.093.332	Rp 36.815.199	Rp 37.551.502	Rp 38.302.533	Rp 39.068.583
Rp 1.758.744.125	Rp 1.793.919.007	Rp 1.829.797.388	Rp 1.866.393.335	Rp 1.993.738.414

Biaya Total Operasional 2 Main Engine

No.	Information	0	1	2	3	4
1.	Main Engine	Rp 1.200.000.000	-	-	-	-
2.	Biaya Bahan Bakar	-	Rp 1.010.008.838	Rp 1.030.209.014	Rp 1.050.813.195	Rp 1.071.829.458
3.	Biaya Perawatan	-	Rp 80.000.000	Rp 81.600.000	Rp 83.232.000	Rp 84.896.640
4.	Biaya Gaji ABK	-	Rp 22.000.000	Rp 22.440.000	Rp 22.888.800	Rp 23.346.576
Total		Rp 1.200.000.000	Rp 1.112.008.838	Rp 1.134.249.014	Rp 1.156.933.995	Rp 1.180.072.674

5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	-	-
Rp 1.093.266.048	Rp 1.115.131.369	Rp 1.137.433.996	Rp 1.160.182.676	Rp 1.183.386.329	Rp 1.207.054.056
Rp 200.000.000	Rp 88.326.464	Rp 90.092.994	Rp 91.894.853	Rp 93.732.750	Rp 220.000.000
Rp 23.813.508	Rp 24.289.778	Rp 24.775.573	Rp 25.271.085	Rp 25.776.506	Rp 26.292.037
Rp 1.317.079.555	Rp 1.227.747.610	Rp 1.252.302.563	Rp 1.277.348.614	Rp 1.302.895.586	Rp 1.453.346.092

11	12	13	14	15
-	-	-	-	-
Rp 1.231.195.137	Rp 1.255.819.040	Rp 1.280.935.421	Rp 1.306.554.129	Rp 1.332.685.212
Rp 97.519.554	Rp 99.469.945	Rp 101.459.344	Rp 103.488.530	Rp 242.000.000
Rp 26.817.877	Rp 27.354.235	Rp 27.901.319	Rp 28.459.346	Rp 29.028.533
Rp 1.355.532.568	Rp 1.382.643.219	Rp 1.410.296.084	Rp 1.438.502.005	Rp 1.603.713.744

16	17	18	19	20
-	-	-	-	-
Rp 1.359.338.916	Rp 1.386.525.694	Rp 1.414.256.208	Rp 1.442.541.332	Rp 1.471.392.159
Rp 107.669.467	Rp 109.822.856	Rp 112.019.314	Rp 114.259.700	Rp 266.200.000
Rp 29.609.103	Rp 30.201.286	Rp 30.805.311	Rp 31.421.417	Rp 32.049.846
Rp 1.496.617.486	Rp 1.526.549.836	Rp 1.557.080.833	Rp 1.588.222.449	Rp 1.769.642.005

21	22	23	24	25
-	-	-	-	-
Rp 1.500.820.002	Rp 1.530.836.402	Rp 1.561.453.130	Rp 1.592.682.193	Rp 1.624.535.837
Rp 118.875.792	Rp 121.253.308	Rp 123.678.374	Rp 126.151.941	Rp 292.820.000
Rp 32.690.843	Rp 33.344.660	Rp 34.011.553	Rp 34.691.784	Rp 35.385.619
Rp 1.652.386.636	Rp 1.685.434.369	Rp 1.719.143.056	Rp 1.753.525.918	Rp 1.952.741.456

26	27	28	29	30
-	-	-	-	-
Rp 1.657.026.553	Rp 1.690.167.084	Rp 1.723.970.426	Rp 1.758.449.835	Rp 1.793.618.831
Rp 131.248.480	Rp 133.873.449	Rp 136.550.918	Rp 139.281.936	Rp 322.102.000
Rp 36.093.332	Rp 36.815.199	Rp 37.551.502	Rp 38.302.533	Rp 39.068.583
Rp 1.824.368.365	Rp 1.860.855.732	Rp 1.898.072.847	Rp 1.936.034.304	Rp 2.154.789.414

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIODATA PENULIS



Muhammad Hilman Rahmandita. Lahir di Sumedang, 20 Nopember 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Ir. Aman Rasna dan Ir. Tita Rustiati. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SDN II Sukamandi, SMPN 1 Ciasem dan SMAN 1 Purwakarta. Penulis lulus dari SMAN1 Purwakarta pada tahun 2013 dan melanjutkan pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi dengan diterimanya penulis untuk menempuh studi strata-1 (SI) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN undangan dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta didik 4213100015. Dalam kegiatan akademik, penulis terdaftar sebagai member *Marine*

Electrical an Automation System (MEAS) dan mengambil tugas akhir dan penelitian pada bidang studi *Marine Manufacturing and Design Laboratory* (MMD), sedangkan dalam bidang *non-akademik* penulis aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan (HIMASISKAL) ITS periode 2014-2015, anggota *Marine Solar Boat Team*, dan kepanitiaan Ikatan Keluarga Alumni ITS (IKA ITS).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"